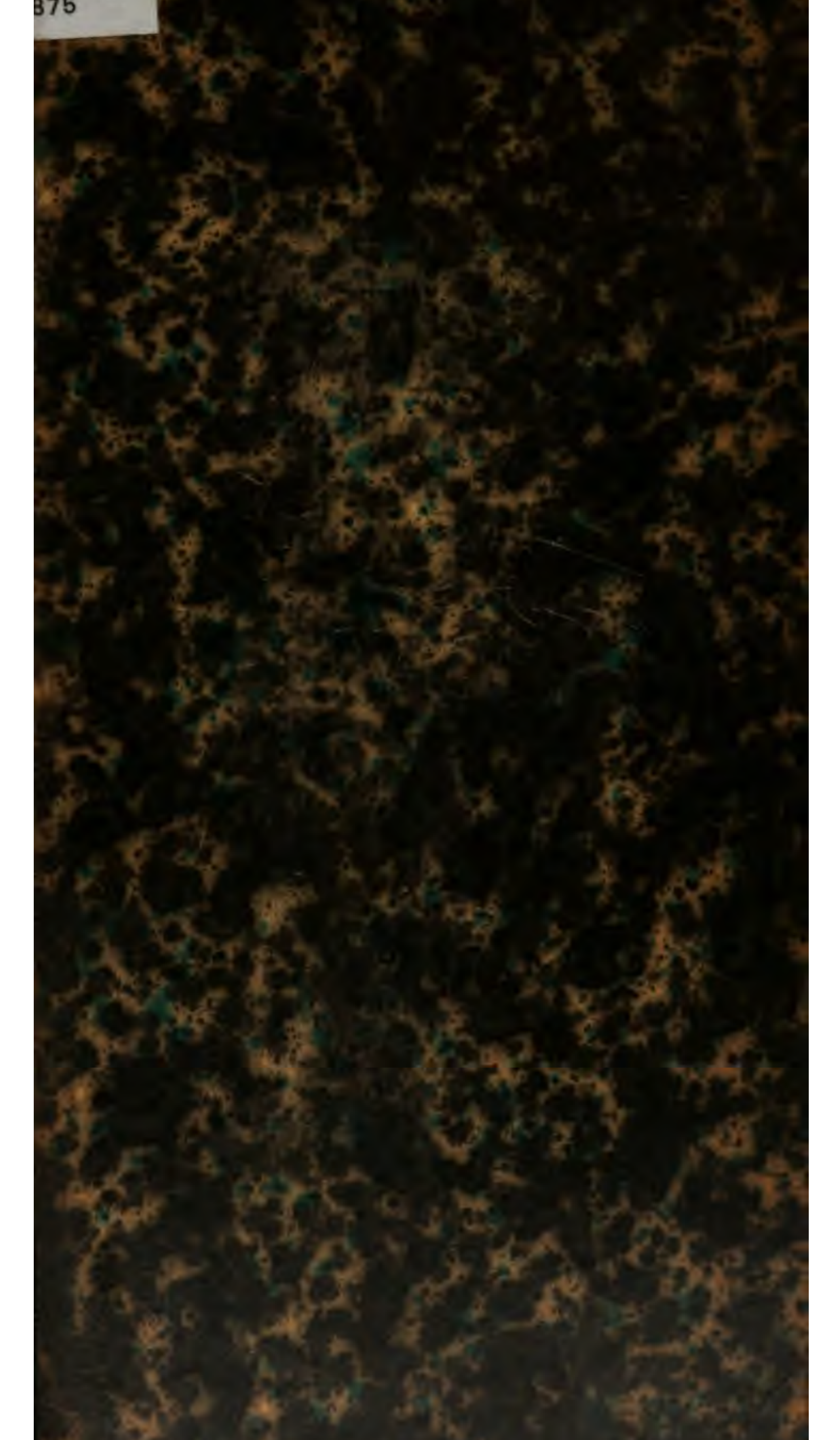
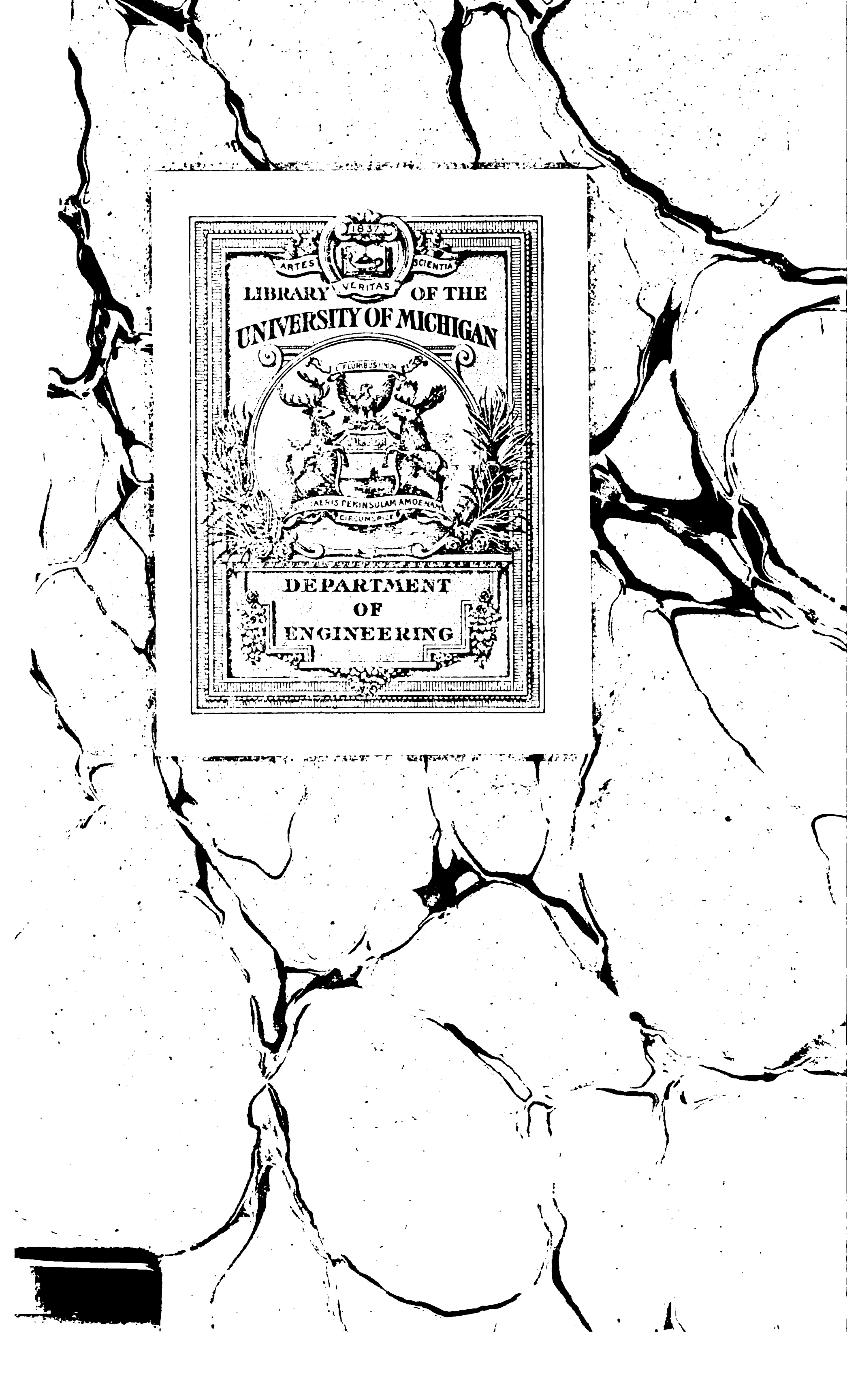

875



1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING



SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

ANNÉE 1886

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1886

DEUXIÈME VOLUME

PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

CITÉ ROUGEMONT, 10

—

1886

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JUILLET 1886.

N° 7

Sommaire des séances du mois de juillet 1886 :

1° *Sécurité des voyageurs en chemin de fer*, observations de M. Cerbelaud (Séance du 2 juillet, p. 9) ;

2° *Buste de M. Marc-Séguin* (Séance du 2 juillet, p. 13) ;

3° *Fondations en rivières exécutées au moyen de l'air comprimé* (Lettre de de M. Félix Moreaux (Séance du 2 juillet, p. 13) ;

4° *Navigation intérieure*, Congrès international tenu à Vienne, par M. Fleury (Séances des 2 et 16 juillet, p. 16 et 40).

5° *Voies entièrement métalliques*, par M. Cantagrel (Séance du 2 juillet, p. 24 et 60);

6° *Chemin de fer métropolitain de Paris*, note de M. Haag (Séance du 16 juillet, p. 28) ;

7° *Explosifs modernes* (analyse de l'ouvrage de M. Chalon sur les), par M. A. Moreau (Séance du 16 juillet, p. 32) ;

8° *Ponts portatifs*, par M. Brochocki (Séance du 16 juillet, p. 55) ;

9° *Institut Egyptien* (Séance du 16 juillet, p. 58).

Pendant le mois de juillet la Société a reçu :

De M. Émile Bert, membre de la Société, deux exemplaires de sa Revue mensuelle et internationale de doctrine, jurisprudence et législation intitulée : *le Droit industriel.*

De M. Bresson, membre de la Société, un exemplaire du tome V de l'Encyclopédie chimique dans lequel se trouve un mémoire de lui *sur les aciers, leurs propriétés, leur fabrication, leurs emplois.*

De M. Bougarel, membre de la Société, des exemplaires de sa note sur le *Régime des appareils à vapeur.*

De M. Brüll, membre de la Société, de la part de M. Vidal-Bey : 1° Les Bulletins de l'Institut Égyptien des années 1880, 1881, 1882, 1883 et 1884.— 2° Un exemplaire d'une note de l'*Instruction publique au Japon*, par M. Vidal-Bey. — 3° Un exemplaire d'une note sur *Boccace* et *les Docks et Warrants*, par M. Vidal-Bey. — 4° Un exemplaire d'une note de l'*enseignement des sciences*, par M. Vidal-Bey. — 5° Un exemplaire d'une note sur la *séparation des racines des équations numériques*, par M. Vidal-Bey. — 6° Un exemplaire d'une note de l'*Instruction publique au Canada*, par M. Vidal-Bey. — 7° Un exemplaire d'une note sur *les courbes du quatrième degré qui ont un point triple*, par M. Vidal-Bey. — 8° Le catalogue des livres existant en double à la bibliothèque de l'Institut Égyptien. — 9° Un ouvrage sur la propriété foncière en Égypte, par M. Yacoub Artin-Bey.

De M. Ed. Melon, membre de la Société, deux exemplaires de sa note sur les *principes de l'éclairage du gaz par les becs intensifs.*

Une notice sur les *chemins de fer et la concurrence.*

De M. J. Morandière, membre de la Société, une note sur un *appareil avertisseur établissant la communication entre les voyageurs et les agents du train à l'aide de la conduite d'air comprimé du frein Westinghouse*, sur la compagnie des chemins de fer de l'Ouest, avec planches à l'appui.

De M. Hervegh, membre de la Société, un volume en anglais intitulé : *The modern high explosives*, par M. Manuel Eissler.

De M. Hauet, membre de la Société, un *Avant-projet du chemin de fer Métropolitain* de Paris, par M. Haag.

Les membres nouvellement admis sont :

MM. **Arquembourg**, présenté par MM. Boudenoot, Carenou et Grouvelle.
Chateau, — Carzaubon, Delpeuch et Guichard.
Despret, — Despret, Stoclet et Urban.
Dumonchel, — Chavanne, Guitton et Mesnard.
Duffa, — Courtois, Lanier et Massicard.
Daly, — Benoit-Duportail, de Comberousse et Mallet.
Fabre, — Benoit-Duportail, Brüll et Fouret.
Firminhac, — Brüll, Corpet et Ellicott.
Leblanc, — Cabanellas, Contamin et Hersent.
Proeschel, — Badois, Ch. Joly et Pariès.
Roux, — Le Brun, R. Périssé et Rey.
Storhay, — Cerbelaud, Moreau et Muller.
Wiard, — Cornaille, Pritzbuer et Rey.

Comme membre associé :

M. **Moranne**, présenté par MM. Frey, Peligot et Perissé.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUILLET 1886

Séance du 2 Juillet 1886.

PRÉSIDENCE DE M. HERSENT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 18 juin est adopté.

M. LE PRÉSIDENT. — La parole est à M. Cerbelaud qui désire présenter une observation relative au procès-verbal de la dernière séance.

M. CERBELAUD. — Messieurs, dans la dernière séance, notre collègue M. Doux vous a entretenus d'un système d'intercommunication dans les trains en marche, mis récemment à l'essai sur les chemins de fer de l'État Belge. Ce système d'intercommunication est fondé sur l'emploi de la conduite d'alimentation du frein Westinghouse. Il parait appelé a rendre de grands services dans l'exploitation des voies ferrées; mais il convient de noter qu'il ne s'agit pas là à proprement parler d'une innovation.

En effet, l'ordre de service des chemins de fer de l'État Belge porte la date du 26 avril 1886. Or, une Instruction de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest Français, portant la date du 3 septembre 1883, donne des indications identiques. Il y a donc bientôt trois ans que le système dont on nous a parlé est appliqué sur un de nos réseaux français, et il a été essayé d'ailleurs sur d'autres, entre autres sur celui de P.-L.-M.

Il ne faudrait pas croire non plus que ce système, qui peut rendre, — je le répète, — de grands services dans l'exploitation des chemins de fer, puisse être considéré comme une solution définitive à proposer à la Commission nommée à la suite de l'affaire Barrême, car le système de l'intercommunication par les organes du frein Westinghouse fonctionnait

dans le train où M. Barrême a été assassiné ; il y fonctionnait même admirablement ainsi qu'on l'a constaté à Paris et à Caen.

Je n'ai pas, Messieurs, l'intention de critiquer en quoi que ce soit la communication de M. Doux ; je demanderai seulement, puisqu'on a inséré au procès-verbal de la dernière séance le texte de l'ordre de service des chemins de fer de l'État Belge, que l'on y insère aussi l'instruction de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest Français, instruction qui est pour le moins aussi complète que l'ordre de service belge.

Mon observation n'a donc pas d'autre but que de faire en faveur de nos chemins de fer français, dans cette circonstance, une petite réclamation de priorité à laquelle ils ont droit.

M. le Président. — L'Instruction indiquée par M. Cerbelaud sera insérée au procès-verbal, ainsi que les observations dont il l'a accompagnée.

COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DE L'OUEST

MATÉRIEL ET TRACTION — EXPLOITATION

INSTRUCTION

Pour l'usage de l'appareil de communication entre les voyageurs et les agents des trains à l'aide de la conduite d'air du frein Westinghouse

Paris, 3 novembre 1883.

Description sommaire des appareils. — De la conduite générale des freins continus se détache, à l'une des extrémités de chaque voiture, un branchement qui aboutit au robinet d'un sifflet placé au-dessus de la couverture. Au pavillon de chaque compartiment se trouve une poignée que l'on tire jusqu'à refus lorsqu'on veut appeler. Ce mouvement détermine l'ouverture du robinet et, par suite, la mise en action du sifflet. Le robinet ne pouvant être refermé que de l'extérieur, au moyen d'une tringle placée à l'un des bouts de la voiture, la poignée pend de quelques centimètres dans le compartiment d'où l'on a appelé, tout le temps que le sifflet fonctionne : le point à visiter est ainsi nettement indiqué.

Conduite à tenir en cas d'appel : 1° Par le mécanicien. — L'appel exercé de l'une quelconque des voitures se traduit, sur la locomotive, par le sifflement d'un appareil spécial dit : *Avertisseur.*

A ce signal, le mécanicien doit :

1° Mettre dans la position du remplissage, en grand, du train la manette du robinet à trois voies (1re position) : ce qui arrête le sifflement de l'avertisseur ;

2° Ouvrir complètement la prise de vapeur du petit cheval, afin de compenser, autant que possible, la perte d'air qui se fait par le sifflet de la voiture et d'éviter l'arrêt immédiat du train ;

3° Prévenir le conducteur par deux coups du timbre installé à cet effet dans les fourgons ; puis, sans quitter sa plate-forme, il doit chercher à découvrir ce qu'il y a d'anormal dans le train.

2° *Par le conducteur.* — Le conducteur, dès qu'il est prévenu, doit chercher à reconnaître la cause de l'appel, en se portant au besoin sur les marchepieds, s'il croit pouvoir le faire sans danger, puis il donne au mécanicien l'ordre d'arrêter immédiatement. — Toutefois, si la cause reconnue de l'appel ne nécessite pas un arrêt d'urgence ou si, la cause n'ayant pu être reconnue, l'arrêt immédiat devait être de nature à entraîner des inconvénients importants en raison du point de la voie où l'on se trouve ou des trains qui suivent, le conducteur pourra, en s'inspirant des circonstances, donner au mécanicien l'ordre de continuer sa marche jusqu'à un point de la voie plus favorable pour la protection du train arrêté ; il est notamment recommandé d'arrêter le train autant que possible dans un alignement droit ou en un point protégé par un signal avancé.

Sur les lignes à gabarit restreint, désignées à la suite de la présente Instruction, le conducteur ne se portera le long du train que s'il a la *certitude absolue* qu'aucun ouvrage d'art n'existe dans le voisinage.

Lorsque le sifflet indicateur se fait entendre à proximité de la vigie de l'un des autres conducteurs du train, cet agent se renseigne le plus tôt possible par les moyens à sa disposition et agit également selon les circonstances.

Recommandations spéciales pour les mécaniciens. — Il est rappelé aux mécaniciens qu'ils doivent toujours, en marche normale, *maintenir la clef du robinet à trois voies dans la deuxième position dite « d'alimentation ».*

Vérification de l'appareil avant le départ des trains. — Le fonctionnement de l'appareil avertisseur devra être vérifié avant le départ de chaque train. A cet effet, la partie de l'Instruction du 1er juillet 1878 relative à la formation et au départ des trains munis du frein Westinghouse sera modifiée comme suit :

Le conducteur d'arrière, après s'être assuré, comme le prescrit ladite Instruction, que la continuité des tuyaux d'air comprimé est complète tout le long du train, doit, au lieu de se rendre auprès du mécanicien pour lui demander de faire l'essai du frein, faire un appel en tirant la

poignée de l'un quelconque des compartiments du train. A ce signal, le mécanicien doit tourner son robinet de manière à déterminer le serrage des freins. Alors, le conducteur d'arrière arrête le sifflet de la voiture à l'aide de la tringle placée à l'un des bouts de la voiture ; il parcourt ensuite la longueur du train, fait signe au mécanicien, qui manœuvre son robinet pour desserrer le frein ; puis il revient tout le long du train en s'assurant que les freins sont bien desserrés.

La disposition inscrite dans l'Instruction précitée du 1er juillet 1878 et d'après laquelle le conducteur d'arrière devait ouvrir le robinet de sa vigie, pour s'assurer que la communication est complète, ne sera appliquée que dans les trains où la nouvelle communication ne sera pas installée.

Recommandation spéciale pour les visiteurs. — Les visiteurs ont à vérifier que l'appareil placé dans les voitures fonctionne bien ; à cet effet, quand ils visiteront l'intérieur d'une voiture, ils tireront les poignées placées dans l'intérieur des compartiments ; puis ils se transporteront au bout de la voiture, s'assureront que le robinet a répondu à l'appel fait de l'intérieur du compartiment et le refermeront immédiatement en tirant la tringle.

Le Chef de l'Exploitation,
MARIN.

L'Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction.
ERNEST MAYER.

Lignes à gabarit restreint :

Banlieue.

Paris à Argenteuil.
Paris à Auteuil.
Paris à Versailles (r. d. et r. g.).
Paris à Saint-Germain.
Embranchement de Saint-Cloud (gare des fêtes).

Grandes lignes.

Paris à Rennes.
Rennes à Redon et à Saint-Malo.
Paris au Havre.
Le Mans à Mézidon et à Falaise.
Lison à Saint-Lô.
Lisieux à Honfleur.
Beuzeville à Fécamp.
Sainte-Gauburge à Mesnil-Mauger
Échauffour à Bernay.

(Approuvé par Décision ministérielle du 30 Octobre 1883.)

M. LE PRÉSIDENT. — J'ai le plaisir de vous annoncer, que notre cher et estimé vice-Président, M. Contamin, vient d'être nommé Commandeur de l'ordre du Christ, de Portugal. Chacun de nous ici éprouvera une vive satisfaction en apprenant la juste distinction dont vient d'être l'objet l'un de nos Membres les plus éminents et les plus sympathiques.

La Société a reçu de M. Seguin, membre de la Société la lettre suivante accompagnée de l'envoi d'un buste en plâtre, de Marc Séguin, qui a été placé dans la salle du Comité.

« Monsieur le Président,

» A l'occasion du centième anniversaire de la naissance de mon père, Marc Seguin, je me permets de vous adresser un exemplaire en plâtre du buste en marbre exécuté par M. Guillaume et destiné à l'Institut.

» J'ai pensé qu'il serait agréable à la Société dont j'ai l'honneur d'être membre, d'avoir ce souvenir d'un des principaux créateurs des chemins de fer en France, l'inventeur des ponts suspendus, et de la locomotive à grande vitesse, malgré tout ce qu'on a pu dire en Angleterre.

» Je me permettrai d'ajouter que Marc Seguin et, avec lui, son oncle l'illustre Montgolfier peuvent être considérés comme les ancêtres des Ingénieurs civils auxquels ils ont tracé une voie qui a été si brillamment suivie et a rendu tant de services à la France.

» Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de ma haute considération.

» Seguin. »

Des remerciements sont unanimement votés par la Société à M. Seguin.

Messieurs, dans un passage du discours que j'ai prononcé, en prenant ici possession du fauteuil de la présidence, j'ai eu occasion de rappeler que j'avais eu l'avantage, au cours de mes travaux, de contribuer, dans une large mesure, à généraliser l'emploi de l'air comprimé. J'ai reçu à ce sujet de M. Félix Moreaux, ancien Ingénieur en chef de la Compagnie de Fives-Lille, et qui a été attaché à la participation Parent, Schaken, Caillet et Cie, une lettre dans laquelle il fait une petite réclamation technique. Je ne crois pouvoir mieux faire pour répondre au désir de M. Félix Moreaux et lui donner la satisfaction qu'il réclame que de donner lecture de la lettre qu'il m'a adressée.

Lettre de M. Félix Moreaux :

« Monsieur le Président,

» Je viens de lire dans le numéro de janvier des Mémoires de la ciété des Ingénieurs civils qui vient de paraître, le discours que vous avez prononcé dans la séance du 8 janvier en prenant place au fauteuil de la présidence de la Société.

» Dans ce discours, en résumant l'historique des travaux de fondation exécutés au moyen de l'air comprimé, vous parlez des caissons du pont de Kehl, imaginés et projetés par MM. Fleur-Saint-Denis et Joyant, dont vous avez dirigé le fonçage pour le compte de MM. Castor et

Jacquelot, entrepreneurs ; vous exposez les difficultés rencontrées jusqu'à l'achèvement des fondations à la fin de 1859 ; puis vous dites :

« Aujourd'hui, l'emploi de l'air comprimé s'est généralisé, et la dis-
» position des caissons, étudiée par M. Castor et moi-même, pour les
» piles des ponts d'Arles et de Saint-Gilles sur le Rhône, est devenue le
» type le plus employé. »

» Cette affirmation est très exacte ; mais, présentée sous cette forme, elle tendrait à faire croire que M. Castor, et vous, Monsieur le Président, êtes les auteurs des modifications importantes apportées aux procédés employés à Kehl, pour en faire les caissons propres à traverser tous les terrains, et agencés à peu près comme tout le monde les fait aujourd'hui.

» Ce n'est certainement pas là ce que vous avez voulu faire entendre, car vous ne pouvez pas ignorer que quand vous avez fondé les ponts de Saint-Gilles et d'Arles, en 1865 et 1866, les dispositions essentielles que vous avez adoptées avaient, pour la première fois, reçu leur application tout près de là, au pont sur le Rhône, à La Voulte en 1859-1860 ; puis au pont du Var, pour la ligne de Toulon à Nice, en 1861-1862 ; au pont de la Seybouse, près Bône, en 1862 ; et au pont sur le Pô, à Plaisance, en 1862-1865.

» Entre les divers progrès dont vous avez parlé, et auxquels vous avez pris une si grande part, vous trouverez juste de me réserver une petite place ; car c'est moi qui suis l'auteur de ces modifications essentielles, qui ont considérablement abaissé le prix de ce genre de fondations, et les ont fait adopter par tout le monde. J'étais alors Ingénieur en chef des travaux de ponts et charpentes métalliques de la Participation Parent, Schaken, Caillet et Cie (Régie d'Oullins) et J. F. Cail et Cie, comme plus tard je le suis devenu pour la Compagnie de Fives-Lille jusqu'en 1876 ; et c'est en cette qualité que j'ai dirigé les études et l'exécution des ouvrages dont je viens de parler, ainsi que d'un très grand nombre d'autres qu'il est inutile d'énumérer ici.

» Pour bien préciser les améliorations dont je parle, je vais rappeler brièvement ce qui différencie les caissons employés en premier lieu à La Voulte, au Var, etc., et depuis à Arles et ailleurs, de ceux qui ont été employés à Kehl.

» 1° Les caissons de fondations ordinaires, et même ceux de 16^m50 sur 7^m00 et de 18^m70 sur 4^m70, comme ceux que nous avons employés au Var pour chemin de fer à deux voies et route ordinaire contiguë, n'ont qu'une seule chambre à air, une seule cheminée d'extraction, et deux pour le passage des ouvriers ; tandis que chaque caisson de Kehl était divisé en trois ou quatre compartiments desservis par trois ou quatre appareils d'extraction, et le double de cheminées et de sas à air pour le service des ouvriers. Cette modification a apporté une im-

portante économie dans le poids de l'enveloppe métallique de la fondation, et dans l'outillage.

» 2° Dans nos caissons, la cheminée d'extraction est métallique sur toute sa hauteur ; elle peut recevoir à volonté à sa partie supérieure un appareil dragueur ou un sas à air muni de ses engins d'extraction à la benne, de manière à se prêter aussi bien à l'extraction des déblais à air libre qu'à l'extraction dans l'air comprimé ; tandis qu'au pont de Kehl on ne pouvait la faire qu'à la drague et à l'air libre dans la cheminée centrale dont le puisard descendait à 0m30 ou 0m40 au-dessous du bord inférieur des caissons, et d'où on ne pouvait chasser l'eau.

» Si à Kehl on avait rencontré un banc de marne ou de pondingue, trop mince pour s'y arrêter, et qu'il fallût traverser, on ne l'aurait pas pu, parce que tout l'espace occupé en plan par les puisards eût été en même temps inattaquable par les dragues et inaccessible aux ouvriers placés dans les chambres de travail. Avec nos appareils, au contraire, nous avons traversé des bancs de marne ; enlevé des éboulis de roche, et des arbres ; traversé de vieilles maçonneries, dérasé correctement les surfaces d'appui des caissons sur leurs assises définitives ; et cela, à des profondeurs allant jusqu'à 36 mètres.

» 3° Au pont de Kehl, les tôles du pourtour des caissons ne s'élevaient guère au-dessus du plafond des chambres à air, et elles étaient remplacées sur tout le reste de la hauteur par une sorte de vannage en bois, non étanche et s'élevant à mesure de l'enfoncement du massif. Dans ces conditions, la quantité de maçonnerie à exécuter journellement dépendait, d'une part, de l'enfoncement du caisson dans les vingt-quatre heures, et d'autre part, des fluctuations du niveau du fleuve. Les maçonneries étaient exposées à être momentanément surmontées par les crues ; ce qui n'arrive pas avec nos caissons dont les hausses métalliques sont étanches, et sont élevées de plusieurs mètres au-dessus de l'eau, à mesure de l'enfoncement des maçonneries.

» L'emploi des hausses métalliques étanches est encore indispensable quand un massif de fondation doit être immergé dans une grande profondeur d'eau, avant de toucher le fond résistant ; parce qu'il permet de ne pas élever tout de suite sur toute la surface de la fondation le massif de maçonnerie qui surmonte la chambre à air, et de maintenir le poids total de la partie immergée aux environs de celui de l'eau qu'elle déplace.

» Veuillez agréer, Monsieur le Président,

» F. Moreaux. »

M. le Président. — La revendication de M. Félix Moreaux se résume, on le voit, à une petite question de priorité industrielle. Je suis heureux de reconnaître le mérite si réel de M. Moreaux, et le concours

utile qu'il a apporté au progrès des méthodes de travail par l'air comprimé.

M. le Président. — Je donnerai maintenant la parole à M. Fleury, qui revient d'Autriche, où il a assisté au Congrès de navigation. Il nous rapporte de la région danubienne des renseignements très intéressants, dont nous le remercions d'avoir fait une compétente récolte pour la séance et le Bulletin de la Société.

M. Fleury. — Messieurs, je vous demande la permission de prendre quelques instants sur la communication que doit nous présenter M. Cantagrel, pour vous faire brièvement le compte rendu du voyage que je viens de faire à Vienne, où j'ai assisté au deuxième Congrès de navigation intérieure.

Je commencerai par vous remercier de l'honneur que vous m'avez fait en me chargeant de représenter la Société à ce Congrès : permettez-moi d'ajouter que la mission que vous m'avez confiée était d'autant plus opportune que j'étais à Vienne à peu près le seul Ingénieur civil français ; sauf M. Coizeau, un de nos collègues, un des collaborateurs de M. Hersent, à Vienne et à Anvers, je n'ai pas vu beaucoup de nos collègues. Je vous soumettrai tout à l'heure quelques réflexions que j'ai été amené à faire à ce sujet.

La France a été presque exclusivement représentée par une délégation officielle nommée par le ministre des Travaux publics. L'année dernière, au Congrès de Bruxelles, il n'y en avait pas eu, et, cette année, l'administration semble avoir vu les inconvénients de cette abstention. Presque tous les États du continent étaient officiellement représentés au Congrès.

En ce qui concerne la France, le ministre des Travaux publics a envoyé une délégation, à la tête de laquelle se trouvait M. Voisin Bey, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, l'ancien directeur des travaux du Canal de Suez ; avec lui se trouvaient M. Boulé, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, bien connu de vous; M. Holtz, Ingénieur en chef à Nancy; M. Hirsch, Ingénieur en chef, professeur à l'École des Ponts et Chaussées ; M. Carlier, M. de Mas, Ingénieur en chef à Auxerre, que plusieurs d'entre nous ont déjà eu le plaisir de rencontrer à Bruxelles, l'an dernier ; M. Denis, Ingénieur en chef à Épinal; M. Cahen, Ingénieur en chef à Chartres, et qui a été pendant longtemps chargé des travaux de la Meuse ; et enfin M. Schoëndorfer, Ingénieur à Besançon. — A ces messieurs s'était joint M. Bouffé, Ingénieur en chef à Carcassonne, délégué de la chambre de commerce de Narbonne. J'avais moi-même, en bon Français, une petite attache officielle, car chargé par la Compagnie de Suez d'assister à ce Congrès où j'étais aussi votre représentant, j'étais encore délégué de l'administration des Colonies françaises. Outre M. Coizeau, dont je parlais tout à l'heure, je n'ai eu le plaisir de rencontrer comme Français non officiels,

que M. le baron de Cambourg et le prince Roland Bonaparte, représentant tous les deux une Société qui patronne le canal des Deux-Mers et Paris port de mer. J'ajouterai cependant à cette trop courte liste le nom du sympathique et éminent général Türr, qui, s'il n'est pas français de naissance, l'est par le cœur et se montre à Vienne comme ici un Parisien, plein d'aménité et de courtoise bienveillance. — J'ai rencontré la plupart de ces messieurs à Remagen, en amont de Cologne, et je dois dire que ce voyage fait en leur compagnie à été une bonne fortune pour moi. Leur société l'a rendu singulièrement agréable en même temps qu'instructif.

Nous avons mis deux jours, à partir du 10 juin, à remonter le Rhin.

Je ne vous parlerai pas de la partie pittoresque du voyage, je ne le ferais pas si bien que tous ceux, poètes, artistes, historiens, y compris Victor Hugo, qui ont fait avant moi la description de ces sites où l'intérêt des grands souvenirs de l'histoire s'ajoute aux beautés saisissantes et variées de la nature; mais je puis vous signaler l'activité qui règne sur le fleuve et sur ses deux rives, et qui est un spectacle plein d'enseignements. Le mouvement du Rhin s'est très développé depuis quinze ans ; le mouvement de Bâle à Mayence est de 1 million et demi de tonnes ; de Mayence à Cologne, il est supérieur à ce chiffre. A Manheim, le mouvement du port est encore plus actif. Dans cette partie du Rhin, entre Cologne et Mayence, la navigation est faite par bateaux à vapeur, ou par alléges remorquées : il y a bien un système de touage ancien, sur câble, que vous connaissez. Il existe encore dans certaines régions; mais on s'en sert peu. Les bateaux qui naviguent sur le Rhin peuvent porter, en plein chargement, de 800 à 1,000 tonnes, — la tonne marchande, bien entendu, de 1,000 kilogr. et non pas la tonne de mer de $2^{m3}83$. Ils ont environ 72 mètres de longueur et 6 mètres de largeur ; ils tirent 2 mètres à $2^{m},25$ en pleine charge. En outre, il y a, sur les deux rives, deux lignes de chemin de fer très prospères, continuellement occupées, dont les recettes s'élèvent aujourd'hui : sur l'une, à 80,000 francs par kilomètre ; sur l'autre, à un peu moins.

Il y a quinze ou seize ans, entre Cologne et Mayence, la navigation ne pouvait se faire, en pleine charge, que pendant les hautes eaux, c'est-à-dire cent cinquante jours par an. Le tirant d'eau du fleuve n'était alors, en étiage, que de $1^{m}20$; on est arrivé à $1^{m}40$, et, aujourd'hui, on a $1^{m}80$, et on travaille à avoir 2 mètres. Je crois qu'on y arrivera et par les moyens qui ont déjà permis d'atteindre les premiers résultats, moyens d'ailleurs très simples.

Le Rhin est très large, mais il n'est pas assez profond, entre Mayence et Cologne. C'est une circonstance commune à tous les fleuves qui, comme le Rhin, ont à l'amont une grande pente, et par suite une

grande vitesse, et arrivent sans transition suffisante dans des vallées larges et peu déclives où ils peuvent s'étendre.

On a alors rectifié et creusé le thalweg par des travaux exécutés sur les rives et par des dragages.

Les travaux de rive consistent essentiellement dans la suppression des anses, la régularisation des courbes concaves au moyen d'épis et de digues longitudinales sans qu'il y ait eu un parti pris absolu en faveur de l'un ou de l'autre procédé. On s'est d'abord inspiré des traditions locales, puis ensuite, après observations et expériences, on a continué ce qui réussissait le mieux.

Les matériaux ne coûtaient pas cher. Quand l'épi ne réussissait pas, on essayait de faire des digues longitudinales. On est arrivé ainsi à un grand résultat.

On voit, le long du Rhin, le témoignage de ces variations d'opinion des Ingénieurs ; dans le voisinage de Cologne, les épis sont normaux à la rive ; dans la Hesse, ils sont inclinés vers l'amont. C'est une question qui divise beaucoup les Ingénieurs. Quelquefois, les deux procédés réussissent, quelquefois ils ne réussissent pas, parce qu'il y a des circonstances locales qu'on n'introduit pas dans le problème. Dans les parties qui avoisinent Bingen, la digue longitudinale semble avoir prévalu. Outre les travaux de rive, on régularise encore la forme des îles. Presque toutes les îles sont rongées à l'extrémité d'amont et allongées démesurément à l'extrémité d'aval. On revient là-dessus, on refait les pointes aussi bien à l'amont qu'à l'aval, au moyen d'enceintes en pierres perdues, et, dans ces enceintes, on déverse à la pelle les déblais du dragage. Les dragages donnent généralement des cailloux, des galets, du gravier ; puis, une certaine quantité de vase et d'argile, délayée ; sur les terre-pleins ainsi formés, on plante des saules noirs, des petits osiers, qui prennent rapidement. J'ai vu sur une grande île, près de Neuwied, des plantations de deux ans qui avaient parfaitement pris et fixé complètement l'îlot, en lui donnant une forme qui en faisait une sorte de brise-lames et régularisait le courant.

Tous ces ouvrages sont faits de la façon la plus simple : ce sont ou des moellons jetés entre deux rangées de piquets ou même de simples clayonnages. A Bendsdorf, en face d'une grande usine métallurgique, que beaucoup de vous connaissent, l'usine Germania, on a repoussé le thalweg sur la rive droite, où se trouve cette usine, en armant la rive gauche qui est la rive convexe, d'épis très rapprochés, entre lesquels se sont formés des atterrissements qu'on préserve par — je n'ose pas dire des digues,— par de petits cordons de pierres perdues, qui ont suffi à les maintenir. Dans quelque temps, ce seront des terrains cultivables, ou tout au moins des terrains à mettre en prairies.

Un peu plus haut entre Hattenheim et Eltville, où le fleuve est encom-

bré d'îles, on le rejette entièrement à gauche en barrant, par les mêmes procédés que je viens de signaler, tous les bras adventifs.

Les dragues qui coopèrent, sur certain points, au creusement du lit sont très simples : ce sont des appareils de petites dimensions. Elles rappellent, par leur aspect, ces dragues d'autrefois, ces dragues de Boulogne, qui coûtaient 30 à 35,000 francs et avec lesquelles cependant, notre Président ne me démentira pas, on a fait beaucoup de besogne et de grands travaux. Sur le Rhin, on fait aussi de la bonne besogne. D'après les renseignements que j'ai pu recueillir, tout compte fait, les déblais déchargés, mis soit sur les berges, soit sur les îlots, reviennent à moins de 1 mark soit 1 fr. 24. Ce n'est pas cher. La main-d'œuvre et le charbon sont, il est vrai, à bon marché.

En somme, ce qui frappe, c'est — en dehors du but poursuivi et atteint — l'absence d'idées préconçues, de systèmes absolus, et l'extrême économie des moyens ; on a des moyens très simples, faciles à corriger, en les améliorant et en les perfectionnant. On a déjà obtenu ainsi des résultats importants, car on a donné plus de 80 centimètres de plus de tirant d'eau à l'étiage du Rhin, et rendu ainsi de grands services à la navigation et aux villes qui en vivent. Ces travaux font honneur au bon sens et à l'esprit pratique de leurs Ingénieurs.

En dessous de Cologne, la profondeur du Rhin va s'accroissant jusqu'à une petite distance de la frontière hollandaise. Les riches provinces qu'il traverse, Dusseldorf, le bassin de la Ruhr, bien que sillonnées de chemins de fer, donnent encore à la navigation un aliment considérable. La navigation est dans cette partie en croissance continue. Ses progrès sont inscrits sur des graphiques que j'ai l'honneur de mettre sous les yeux de la Société. Ils m'ont été confiés par leur auteur, M. Stildjes, ingénieur hollandais qui fait et poursuit, avec beaucoup de conscience et un grand souci de l'exactitude, des recherches statistiques sur les voies navigables de son pays. Il a voulu, au moyen de ces graphiques, présenter une statistique irréprochable et très visible.

Le mouvement du trafic du Rhin soit pour entrer en Hollande, soit pour en sortir, était, en 1835, de 270,000 tonnes à l'entrée, 85,000 à la sortie — dans le sens de Hollande vers l'Allemagne, bien entendu ; — soit un total de 355,000 tonnes. En 1865, au moment de l'expansion des chemins de fer, il y a 1,150,000 tonnes à l'entrée, et 300,000 à la sortie, en tout : 1.450,000 tonnes. En 1875, cela correspond au moment où l'Allemagne entrait dans ce grand mouvement de production qui se continue toujours, il y a 1,587.000 tonnes à l'entrée, et 740,000 tonnes à la sortie. En 1883, il y a 2,773,000 tonnes à l'entrée, et 1,794,000 tonnes à la sortie, en tout : 4,567,000 tonnes ; c'est-à-dire, trois fois plus qu'en 1865, et treize fois plus qu'en 1835.

Une autre graphique représente le mouvement général entre la Hollande et l'Allemagne et l'on voit que, en 1883, il a été de 7,000,000 de

tonnes : nous venons de voir que le mouvement de la navigation fluviale avait été de 4,500,000 tonnes : il y a donc à imputer aux chemins de fer un mouvement de 2,500,000 tonnes.

Je ne puis pas, faute de temps, m'arrêter davantage à l'étude de ces graphiques. — Je les trouve cependant très intéressants, très méthodiques, très rationnels; c'est un bon exemple de statistique graphique, digne de vous être signalé, et si on pouvait admettre ces graphiques à l'honneur d'être insérés dans le Bulletin, ils y tiendraient une place honorable et pourraient y être utilement consultés.

Je reviens au Rhin et n'ajoute que quelques mots.

En amont de Mayence, la vitesse augmentant, la navigation se transforme. Pour monter de Strasbourg à Bâle, on emploie des bâtiments de faible dimension, d'un petit tirant d'eau ; beaucoup de marchandises trouvent même avantage à emprunter la voie ferrée. Aussi Mayence est-elle un grand port de transbordement ; les ports de transbordement sont chose très connue en Allemagne, à peu près inconnue chez nous : ils se trouvent situés au point précis où les marchandises trouvent avantage à modifier les conditions de leur transport. Mayence a un mouvement très actif et augmente ses moyens de transbordement : il y a des voies ferrées, des grues sur les quais, et on en ajoute tous les jours. Cependant Mayence est encore inférieure, à ce point de vue, à Manheim. Manheim est une merveille d'installation de port intérieur. Cette ville, si heureusement placée au confluent du Rhin et du Neckar, a su parfaitement profiter de cet avantage de situation. Ses quais sont parfaitement agencés ; ses bassins intérieurs sont bien aménagés; il y circule continuellement des bateaux de toute sorte qui s'accostent, se quittent, vont, viennent sans se gêner. Je le répète, c'est un port merveilleusement organisé. A Manheim, il y avait, en 1830, un mouvement de 120,000 tonnes. Depuis qu'on a fait le premier de ses bassins docks, — cela remonte à 1871, — les bateaux peuvent se tenir à flot en toutes saisons, en étiage comme en hautes eaux ; aussitôt le mouvement a monté à 400,000 tonnes ; en 1879, il est de 680,000 tonnes ; et cette année, c'est-à-dire en 1885, il est de 1,500,000 tonnes.

Les bassins d'hivernage de Manheim sont bien combinés et fermés par des portes destinées à les défendre au moment des débâcles contre les glaces. Ces portes sont très bien étudiées et fonctionnent très facilement. Ne pouvant entrer dans plus de détails, je me borne à vous signaler le port de Manheim comme un exemple à suivre, un modèle à imiter.

Il y a une ville que la gloire de Mayence et de Manheim empêchait de dormir : c'est Francfort. Depuis son annexion à la Prusse, cette ville a perdu son titre de capitale de la Confédération germanique ; en même temps que son importance politique, elle a perdu le grand mar-

ché financier de l'Allemagne, qui s'est porté à Berlin; mais les Francfortois sont très actifs, très entreprenants, et la ville n'a pas voulu déchoir : de grande ville politique et financière qu'elle était, elle veut devenir une grande place commerciale. Le chancelier d'Allemagne qui sait se réconcilier, quand il en a envie, s'est empressé de seconder les efforts des Francfortois dans cette direction. C'est sous l'inspiration du prince de Bismarck que la Prusse a pris à sa charge les travaux de canalisation du Mein, qui s'élèvent à 5,300,000 marks; soit à peu près 7 millions de francs. Ces travaux, qui ne sont pas encore tout à fait terminés, permettront aux grands bateaux du Rhin de remonter jusqu'à Francfort. Entre Francfort et Mayence, sur un parcours de 36 kilomètres, le Mein a une dénivellation totale de 10 mètres. Avant les travaux actuels, le mouillage à l'étiage n'y était que de $0^m,90$, avec un volume d'eau de 70^{m^3} par seconde. — On va lui assurer un mouillage de 2 mètres, tout en établissant les ouvrages d'art en prévision d'un mouillage de $2^m,50$ qu'il ne sera pas difficile d'obtenir par la suite. — On a donc établi cinq barrages qui se partagent la chute ; ce sont des barrages à aiguilles que nos Ingénieurs des Ponts et Chaussées n'ont pas eu de peine à reconnaître, car les modèles existent sur nos canaux français. C'est encore là que pendant longtemps on viendra chercher des exemples pour ce genre de constructions. — Mais ces exemples ont été très heureusement appropriés aux conditions spéciales qu'il y avait à remplir sur le Mein ; et les travaux que nous y avons visités sont à la gloire de M. Dusig, leur ingénieur en chef, et de ses collaborateurs, qui — je saisis l'occasion de le dire — nous en ont fait les honneurs avec beaucoup de bonne grâce et d'amabilité.

L'écluse de navigation se trouve dans chacun de ces ouvrages à la gauche du barrage. Elle a une largeur de $10^m,50$, une longueur effective de 80 mètres. Elle est à l'amont précédée d'un long canal latéral qui a une largeur de 20 mètres au plafond, un mouillage de $2^m,50$ et des talus de 1 à 1/2, soigneusement perréyés. Ce canal latéral prête peut-être à quelques critiques ; c'est en effet un ouvrage coûteux, exposé à être ensablé en temps de crue, inconvénients qui ne sont peut-être pas suffisamment compensés par l'avantage — d'ailleurs réel — d'assurer la direction des bateaux qui veulen donner dans l'écluse.

Sur la droite du barrage se trouve l'écluse de flottage, *Flossrinne*, destinée aux trains de bois, qui, en basses eaux, y pourront descendre le cours de la rivière avec une chute de 2 0/0.

Les écluses, il faut bien le noter, ne doivent fonctionner qu'en temps de basses eaux. — Lorsque le débit sera suffisant pour assurer le mouillage au-dessus des ouvrages, les barrages seront abaissés et la navigation se fera directement sans passer par les écluses. Il y a aussi des échelles à poissons à chacun des barrages. Ces ouvrages ont été

fondés entièrement en lit de rivière, au moyen de batardeaux dans lesquels on a épuisé jusqu'à 7m,50 de profondeur. A cette profondeur, on a trouvé partout à s'établir solidement sur une roche de grès rouge très compact. Du reste, à Suresnes, on a procédé de la même façon ; on est descendu plus bas que 7m,50 ; je crois qu'on est descendu à 10 mètres.

Nous retrouvons d'ailleurs sur les rives du Mein les mêmes travaux de régularisation que sur le Rhin, et là encore nous pouvons constater combien les idées sont peu fixées sur la valeur des procédés. En effet, sur la rive droite, les Ingénieurs hessois ont fait des digues longitudinales, et, sur la rive gauche, les Ingénieurs prussiens font des épis dirigés vers l'amont. Ces travaux ont d'ailleurs perdu de leur importance depuis que la construction des barrages permet d'assurer en tout temps un tirant d'eau suffisant.

Ces travaux d'amélioration du Mein se lient très étroitement à ceux que la ville de Francfort a entrepris et auxquels elle consacre une somme de 4 millions de marks. Ils consistent en un grand port sur les deux rives, entre deux ponts de chemin de fer, plus un quai maçonné de 5,000 mètres, le long duquel les bateaux pourront venir s'accoster et trouveront de nombreux moyens de débarquement ; des grues, des voies ferrées, raccordant le quai avec toutes les lignes de chemin de fer. Sur la rive droite, se trouve le bassin d'hivernage. Ce grand bassin a 570 mètres de long sur 70 mètres de large. Il peut contenir 50 des grands bateaux du Rhin. Il est fermé à l'amont par une porte flottante, en cas de débâcle, mais qui autrement reste ouverte. Ce bassin est creusé à 2m,50 au-dessous du plafond du reste de la rivière. Cette mesure a été adoptée, parce que, au moment de la débâcle, tous les barrages sont baissés, et quelquefois il y a un abaissement de niveau au-dessous de l'étiage ; c'est pour, dans ce cas, maintenir à flot les navires remisés dans le bassin d'hivernage qu'on a donné à celui-ci un accroissement de profondeur. Ces travaux sont menés très vite et seront finis, je crois, à la fin de cette année. On se propose de les éclairer à la lumière électrique, d'y manœuvrer les engins au moyen de l'eau sous pression et de prendre la force nécessaire à ces installations dans le Mein lui-même au moyen de turbines de 500 chevaux utilisant la chute au dernier barrage. — Ces travaux sont conduits avec autant d'habileté que d'entrain par M. Lindley, Ingénieur de la ville, qui expose, — dans un excellent français — et avec une ardeur persuasive ce qu'il a fait et ce qu'il se propose de faire. Nous avons reçu de lui, de la chambre de commerce de Francfort, représentée par son président, M. Passavant, comme de M. Dusig Ingénieur en chef, un accueil vraiment cordial dont, pour ma part, je garde un profond souvenir.

M. le Président. — Si vous pouviez résumer cela en deux mots? Car il faut que nous prenions l'ordre du jour.

Voix diverses. — Ne pourrait-on pas remettre la suite à une autre séance? C'est très intéressant; il ne faut pas écourter cette communication.

M. le Président. — Je ne discute pas l'intérêt de cette communication; seulement, M. Fleury m'a demandé un quart d'heure pour rendre compte de son voyage.

Plusieurs Membres. — Il vaut mieux remettre cela à la prochaine séance.

M. Fleury. — Je suis à la disposition de la Société.

M. le Président. — C'est vraiment intéressant; cela peut paraître *in extenso* dans le Bulletin. Ce qui intéresserait la Société, ce serait de savoir la réception qu'on vous a faite à Vienne, comme Français et comme représentant de la Société des Ingénieurs Civils.

M. Fleury. — Je n'ai qu'à me louer, à cet égard, de l'accueil qui m'a été fait. J'ai trouvé à Vienne un accueil excellent de la part de tout le monde : de la part des organisateurs du Congrès, du Président du Congrès, le docteur Rüss, député au Reichrath.

Le docteur Rüss, un homme supérieur, qui a présidé avec autant de tact que d'autorité, a su donner au Congrès une direction très utile. Il parle aussi bien et aussi élégamment le français que sa langue maternelle et il a dirigé les débats, en traduisant immédiatement en français ce que disaient les Allemands, et en allemand ce que disaient les Français. Il répétait lui-même dans une langue ce qu'il avait d'abord dit dans l'autre.

Le fait devait d'autant plus nous toucher que les Français, comme je vous le disais, étaient en petite minorité au Congrès, et que même en y ajoutant les quelques ingénieurs belges, notre langue n'était pas numériquement très représentée. Du reste, il est fréquent de rencontrer à Vienne nombre de personnes qui s'expriment en français. Presque tous les ingénieurs autrichiens savent le français et ont eu l'amabilité de se servir presque exclusivement de notre langue dans leurs rapports avec nous. — Vous me permettrez de saisir cette occasion pour remercier en particulier M. de Serre, directeur de la Stadtbahn, le chevalier de Goldschmidt, M. Boemches, bien connu ici, MM. Zalesky, Lazarus, Kramer, et d'autres encore, anciens élèves des écoles de France, de l'école des Ponts et Chaussées en particulier; tous m'ont fait un accueil qui aurait pu me faire oublier que j'étais à une si grande distance de ma patrie.

J'ai eu là une nouvelle preuve de ce fait qu'ouvrir largement aux étrangers nos grands établissements d'instruction, les encourager à y venir était un des plus sûrs et des plus pacifiques moyens d'influence; que c'était non seulement favoriser l'expansion de nos idées, mais nous ménager

au delà des frontières des amis, qui ont avec nous, j'ai pu le constater, non seulement la communauté des idées, mais encore celle des sentiments.

Vous voudrez donc bien, Messieurs, que j'adresse d'ici au Président du Congrès, au Comité d'organisation, aux amis que j'y ai rencontrés, à ceux que je m'y suis faits, l'expression de ma reconnaissance pour l'accueil que j'ai reçu d'eux.

J'aurais encore voulu vous entretenir du Congrès. Car en vérité j'ai un peu trop perdu dans le récit de la première partie de mon voyage les quelques instants que vous pouviez et que vous avez bien voulu me consacrer. — Les délibérations du Congrès n'ont pas été sans intérêt. Elles pourront, je l'espère, vous être communiquées soit par la voie du Bulletin, soit dans notre prochaine séance, suivant ce qu'en décidera M. le Président. Je ne dois pas, et je ne veux pas vous priver plus longtemps du plaisir d'entendre M. Cantagrel, qui a une importante communication à vous faire, et que je remercie d'avoir bien voulu me sacrifier une partie du temps qui lui appartenait de par l'ordre du jour.

M. le Président. — Je regrette de vous retirer la parole d'une façon un peu violente. Je dois vous remercier sincèrement, et je crois que la Société m'approuvera, pour la lucidité avec laquelle vous nous avez exposé la situation des rivières d'Allemagne, et les considérations qu'on peut en tirer pour les rivières françaises, car, dans les choses de ce monde, c'est par rapprochement qu'on peut trouver des choses intéressantes. Votre communication sera insérée dans le Bulletin, et nous essaierons de vous donner la parole à une autre séance; nous avons grand intérêt à vous entendre. *(Applaudissements.)*

M. Cantagrel a la parole pour sa communication sur *les voies entièrement métalliques*.

M. S. Cantagrel, en raison de l'heure avancée, au lieu de lire son mémoire se contente de présenter les divers types de longrines et de traverses métalliques qu'il a dessinés au tableau. Il s'excuse d'avance sur les quelques omissions que la rapidité à laquelle il est obligé ne lui permettra peut-être pas d'éviter.

Il expose, en suivant l'ordre chronologique, les divers systèmes de longrines métalliques employés en Angleterre, en Allemagne, puis en Autriche. Après avoir résumé les avantages théoriques attribués à ces divers systèmes, il indique quels sont les inconvénients que la pratique a permis de reconnaître. Il en déduit que l'emploi des longrines doit être en thèse générale abandonné dans les voies de chemins de fer et montre par des chiffres comparatifs, que le nombre de kilomètres de voies sur longrines métalliques posées à l'étranger va sans cesse en décroissant.

Néanmoins les longrines peuvent rendre des services pour les chemins

de fer routiers et les tramways. Il cite à ce propos le rail longrine Broca.

Avant de parler des traverses métalliques, M. S. Cantagrel consacre quelques mots aux cloches métalliques Livesey.

M. S. Cantagrel expose ensuite, en suivant l'ordre chronologique, les divers types de traverses métalliques qui ont été l'objet d'un essai sérieux et cite particulièrement les résultats obtenus en Algérie avec la traverse Vautherin. Il indique aussi les essais en cours tant sur les chemins de l'Est, du Nord et de l'Est français que sur les chemins de fer belges.

Il expose ensuite les avantages des traverses métalliques, avantages reconnus par tous les ingénieurs qui s'occupent spécialement de la question et qui justifient la faveur sans cesse croissante de ce système de pose de voie.

En terminant, M. S. Cantagrel donne quelques indications sur la nature et la qualité du ballast qui paraît le plus favorable aux voies entièrement métalliques, sur les nécessités d'un éclissage robuste et sur les espèces d'éclisses employées dans la pose de ces voies, enfin sur les avantages que l'on retire de la fermeture des bouts des traverses.

Il conclut en émettant le vœu, dans l'intérêt de l'industrie sidérurgique que les Ingénieurs des Compagnies de chemins de fer français, profitant de l'expérience acquise par leurs collègues de l'étranger entrent franchement dans la voie de la substitution des traverses métalliques aux traverses en bois. *(Applaudissements.)*

M. Nordling. — Il me semble que M. Cantagrel a désigné au cours de son intéressante communication, sous le nom de rail Barlow, le rail qu'on appelle communément rail Brunel, si je me permets d'insister sur cette distinction c'est que c'est moi qui, sous les auspices de M. Flachat, ait été appelé, il y a plus de 30 ans, à poser et à entretenir les lignes du Midi les premières, sinon les seules voies Brunel et Barlow qui ont existé en France.

Voici en deux mots en quoi consistait le rail Barlow, et comment il a cessé d'être employé.

Ce rail, vous le savez, ressemble beaucoup au système de serres Batting sinon que le tout est d'un seul morceau. Le rail Barlow présentait, à l'entretien, l'inconvénient que M. Cantagrel a signalé comme étant commun à tous les systèmes de longrines, c'est-à-dire que le bourrage uniforme en était très difficile. Il en résultait que ce rail fléchissait quand une locomotive passait sur lui et que, lors de cette flexion les deux ailes se relevaient; l'effet de ces flexions continuelles était la formation au sommet du champignon, d'une espèce de copeau métallique triangulaire, qui tendait à fendre le rail, à cet endroit-là. Il est possible que, si l'on eût cherché à relier les deux ailes, de distance en distance, ce fait ne se fût pas produit. Mais, de même

que le rail Barlow avait été adopté un peu promptement, de même il a été abandonné hâtivement, trop hâtivement peut-être. Il reste de cet essai la conclusion que les systèmes à longrines n'en présentent pas moins l'inconvénient d'un bourrage difficile et coûteux; abstraction faite de toute autre considération, M. Cantagrel a parfaitement raison à mon avis de conclure en faveur des traverses.

M. Cantagrel fait observer qu'il n'a point voulu dire que le rail employé dans la voie Macdonnell fût le rail Barlow ; il a voulu dire seulement que le premier rail Barlow se rapprochait de celui-là comme forme. En 1849, M. Barlow a bien pensé à relier les deux ailes de son rail pour éviter les ruptures. M. Cantagrel a cité sa longrine de 1849 parce qu'elle est selon lui la seule intéressante. Il a d'ailleurs donné, dans la communication qui sera insérée au Bulletin, le dessin du rail Barlow consolidé tel que l'indique M. Nordling.

M. Edmond Roy regrette de voir surtout et presque exclusivement dans l'intéressant travail de M. Cantagrel le compte rendu de ce qui se fait à l'étranger; depuis de longues années, on a fait des tentatives utiles à l'étranger, d'emploi des rails et des traverses métalliques. M. Roy constate, avec regret, qu'on en a fait très peu en France. Nous attendons souvent trop que l'expérience ait consacré les tentatives nouvelles pour les mettre en pratique à notre tour. M. Roy se demande, par exemple, si quelqu'un peut dire ce que donnent comme résultat les traverses métalliques Paulet, posées depuis longtemps sur les chemins de fer de l'Etat. Nous savons bien ce qui se fait à l'étranger, mais nous ne savons pas toujours assez ce qui se fait en France.

M. Regnard croit utile de fournir quelques explications complémentaires sur la traverse Livesey qu'il a eu l'occasion d'employer.

Outre le type en tôle emboutie, cité par M. Cantagrel, il existe un autre modèle de traverse Livesey, composé de deux cloches en fonte, reliées par une barre entretoise en fer plat. Ce type rappelle, avec de notables perfectionnements, celui employé en Égypte par Stephenson. La cloche en fonte Livesey a en plan la forme elliptique; elle est bombée et représente une carapace de tortue avec un patin à chaque extrémité, fournissant un appui à la semelle du rail. Une particularité intéressante est le mode d'attache ; le rail a sa semelle appuyée contre un rebord à chacun des deux patins, et est serré au moyen d'un coin en fonte strié qui prend son point d'appui contre la face, également striée, d'un ergot en fonte solidement relié par des nervures au corps de la cloche. Grâce à l'élasticité du rail ce mode d'attache très commode présente aussi l'avantage de ne pouvoir se desserrer par le fait des trépidations.

Appliquée d'abord sur une partie de la voie du chemin de fer de la Réunion, la traverse Livesey a donné des résultats assez satisfaisants pour décider son emploi général sur la ligne. La voie est de 1 mètre

entre boudins; les traverses sont espacées de 1 mètre en sorte que les patins étant situés, comme il a été dit précédemment, aux deux extrémités de la cloche, le rail se trouve effectivement supporté tous les cinquante centimètres; le bourrage se fait d'ailleurs très bien.

Il y a encore un point intéressant à noter : c'est celui de la liaison des cloches l'une à l'autre pour maintenir l'écartement des rails. On la réalise au moyen d'un fer plat traversant la cloche vers le milieu de sa hauteur, et arrêtés par une clavette, d'un côté, et une contre-clavette, de l'autre. Lorsque M. Livesey a offert ce système aux chemins de fer de la Réunion. On a profité de la clavette et de la contre-clavette pour produire à volonté quatre écartements différents de la voie. Les clavettes et contre-clavettes étant toutes les mêmes, on a pu cependant obtenir des écartements différents, suivant qu'on mettait la clavette d'un côté, et la contre-clavette de l'autre, ou inversement à chacune des cloches. La clavette a une épaisseur de 25 millimètres, et la contre-clavette de 30 millimètres. Ces traverses sont montées mécaniquement avec une rapidité et une exactitude dont on se fait difficilement une idée ; si l'on met la contre-clavette à l'intérieur au lieu de la mettre à l'extérieur. On fait varier de 5 millimètres l'écartement de la voie. on obtient donc à volonté, et cela sans une seule pièce spéciale, les écartements de 1 mètre 1^m,005, 1^m,010 et 1^m,015.

M. le Président. — Je donnerais volontiers la parole aux Membres qui auraient des observations à présenter; mais l'heure est déjà fort avancée, et il nous convient, à mon avis, de remettre à une autre séance, la discussion de l'importante communication que nous venons d'entendre sur les traverses métalliques, il y a encore beaucoup à dire sur ce sujet. Dès à présent, j'adresserai nos remerciements et nos compliments à M. Cantagrel, pour la manière dont il s'est acquitté de la tâche qu'il s'était proposée. Il a parfaitement présenté et résumé la question. Si nous ne sommes pas absolument en France les innovateurs en matières de traverses métalliques, il n'en est pas moins intéressant et utile de se tenir au courant de ce qui se fait dans cet ordre d'idées à l'étranger. Je suis sûr qu'à la prochaine séance, nous aurons aussi des renseignements intéressants sur ce qui se fait en France et avec les systèmes français.

La séance est levée à onze heures.

Séance du 17 Juillet 1886.

PRÉSIDENCE DE M. HERSENT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 2 juillet est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que M. Huguet a reçu la croix de chevalier de la Légion d'honneur. Il rappelle à cette occasion que M. le Ministre des Travaux publics s'est attaché M. Huguet comme chef-adjoint de son cabinet, et fait remarquer combien il est intéressant pour notre Société que le choix du Ministre se soit arrêté sur un de nos collègues.

MM. Somasco, ingénieur de la maison Geneste et Herscher, et Vivarez ont été nommés chevaliers de la Légion d'honneur.

M. Boucard a été promu officier de l'Instruction publique.

M. HAUET ne veut pas interrompre l'ordre du jour, ni faire une communication.

Il désire seulement remettre à la Société, au nom de M. Haag qui l'en a prié, un dossier relatif au Métropolitain, accompagné d'une note dont la lecture ne retardera que de quelques minutes les communications de MM. Auguste Moreau et Fleury.

Note de M. Haag sur son projet de chemin de fer métropolitain de Paris.

La Société des Ingénieurs Civils ayant bien voulu accueillir avec intérêt les diverses communications que j'ai eu l'honneur de lui faire dès le début de mes études, je viens déposer aujourd'hui sur son bureau un dossier complémentaire, comprenant quelques dispositions nouvelles

applicables à l'aménagement de certaines lignes, ainsi que les plans, profils et devis d'un certain nombre de variantes, et l'indication plus complète et plus détaillée des lignes d'un deuxième réseau.

A propos de ces lignes du second réseau, je me permettrai d'insister sur quelques principes généraux qui doivent, selon moi, servir de base à toute étude rationnelle de la question.

Ainsi que j'ai eu plusieurs fois déjà l'occasion de le dire, je considère que, dans le Métropolitain de Paris, une distinction capitale doit être établie entre la *Ligne primordiale*, que j'ai désignée sous le nom d'*Artère Centrale*, et les lignes secondaires, plus ou moins nombreuses, qui peuvent et doivent se greffer sur celle-ci.

L'*Artère Centrale* se soudant directement avec toutes nos grandes lignes, les prolongeant pour ainsi dire jusqu'au cœur de Paris, est appelée à constituer le véritable *nœud central* de notre réseau national des chemins de fer.

L'intérêt des grandes communications, l'intérêt stratégique s'attachent uniquement à cette ligne maîtresse, qui doit également constituer le plus important tronçon de notre réseau urbain, mais dont le caractère d'intérêt général est visible et incontestable.

C'est ce rôle tout spécial attribué à l'Artère Centrale qui lui impose l'obligation absolue des quatre voies, et qui nous a fait écarter pour cette ligne plus que pour toute autre la solution souterraine, incapable de répondre aux exigences de son trafic. Que l'on se reporte à l'un quelconque des tracés souterrains qui ont été proposés, et en dehors des reproches de toute nature qu'on peut généralement leur faire, tant au point de vue des aléas de la construction que de l'agrément du public, on reconnaîtra que, dans un pareil tracé, les raccordements avec les grandes lignes sont toujours insuffisants et défectueux, que des déclivités atteignant 20 et même 30 millimètres par mètre, des courbes à faible rayon de 200 ou même 150 mètres ont dû être fatalement admises et sont imposées par les nécessités mêmes de la solution souterraine.

Et ces conditions, qu'on repousserait avec raison sur une ligne d'intérêt local de dernier ordre, on voudrait les faire admettre pour la section la plus importante peut-être de tout notre réseau français ! Transformer ainsi l'Artère Centrale en un véritable *casse-cou*, c'est méconnaître absolument son rôle et son avenir, c'est ôter au Métropolitain de Paris tout caractère d'intérêt général pour en faire l'analogue d'un simple réseau d'omnibus.

La création du *réseau central* constitué par l'Artère Centrale et ses ramifications est associée dans mon projet à une vaste opération de voirie comprenant la création de doubles rues latérales de 15 mètres de largeur moyenne et de doubles passages latéraux de $4^{m},25$ de largeur conformément aux profils en travers ci-annexés.

L'estimation des dépenses de ce réseau a fait l'objet d'un devis spécial que j'ai établi avec le plus grand soin et qui présente un total de 362 millions en nombres ronds, soit :

322 millions pour les expropriations,
40 millions pour les travaux.

Ces chiffres largement calculés ne peuvent donner lieu à aucun mécompte ; ils représentent, je le répète, la dépense totale relative à la création du chemin de fer et à toutes les opérations de voirie qui en sont le corollaire.

Quant aux lignes secondaires, leur théorie consiste selon moi à créer des *circuits*, mais ces circuits, au lieu d'être concentriques au noyau central de la ville à la manière des ceintures, doivent être tracés de façon à pénétrer dans ce noyau central (comme l'*Inner Circle* de Londres pénètre dans la *Cité* par exemple). Elles doivent donc se greffer naturellement sur l'artère centrale qui ouvre déjà l'accès des quartiers centraux où la construction de lignes de chemin de fer, quel que soit d'ailleurs leur mode d'établissement, est toujours excessivement dispendieuse. Elles doivent en outre profiter autant que possible des voies assez larges pour comporter l'installation d'un chemin de fer, ou s'associer à d'utiles opérations de voirie nouvelle. La situation souterraine ne doit être acceptée qu'à titre exceptionnel et sur des longueurs relativement restreintes. Sur les voies très larges à promenoir central, comme les anciens boulevards extérieurs par exemple, la solution en *tranchée ouverte* conformément au profil en travers ci-joint (Pièce n° 11) pourra être avantageusement adoptée. Ailleurs, sur des avenues de 30 mètres de largeur au moins, on pourra établir la voie en souterrain conformément au profil type (Pièce n° 11) qui permet l'installation de nombreuses bouches d'aération et d'éclairage (1).

Ce sont ces principes généraux qui m'ont guidé dans l'étude des lignes secondaires constituant un réseau d'intérêt plus spécialement *local*, que j'ai figurées sur le plan d'ensemble ci-joint (Pièce n° 10).

Parmi ces lignes, il en est une d'une importance toute particulière, puisqu'elle rattache à l'Artère Centrale les gares secondaires du Montparnasse et du Champ-de-Mars, traverse les quartiers les plus populeux de la rive gauche et est appelée à desservir la future Exposition. Cette ligne forme avec l'Artère Centrale et la ligne de Saint-Lazare-Auteuil un circuit répondant parfaitement aux conditions ci-

(1) Si pour ces lignes secondaires on cherchait à faire prévaloir quand même la solution en tunnel, en sacrifiant à ce parti pris tous les avantages des raccordements avec l'artère centrale et avec les grandes lignes, le matériel ordinaire des Chemins de fer ne pouvant en aucun cas circuler sur un réseau ainsi conçu, je ne comprendrais pas qu'on s'obstinât à conserver la voie de $1^m,45$, au lieu de profiter de l'économie considérable et des facilités de construction qu'apporterait l'adoption de la *voie étroite*.

dessus énoncées. J'ai déjà décrit ce circuit sous le nom de *ceinture intérieure*, dans mes communications précédentes.

L'établissement de cette ligne que j'ai rattachée à mon premier réseau représente une dépense globale de 46 millions, soit :

20 millions pour les expropriations,
26 millions pour les travaux.

Les autres lignes secondaires sont :

1° *Une ligne allant de la gare de Vincennes aux gares de l'Est et du Nord* en suivant le canal Saint-Martin et passant près de la place de la République. Cette ligne forme avec l'Artère Centrale un circuit destiné à desservir les quartiers situés au nord-est de Paris.

Elle est établie en viaduc sur presque tout son parcours.

2° *Une ligne allant de la précédente au plateau de Romainville* et destinée à rattacher au réseau métropolitain les localités suburbaines des Lilas, Romainville, Bagnolet, actuellement si déshéritées.

Cette ligne est établie en viaduc et sa création est associée au percement de l'*avenue de la République* dans l'axe de laquelle elle doit être installée.

3° *Une ligne allant de la gare de Sceaux à l'esplanade des Invalides*, se raccordant à la ligne principale de la rive gauche qu'elle croise auprès de la rue de Rennes et se soudant à son extrémité avec la ligne des Moulineaux, qui doit être prolongée jusqu'à l'esplanade des Invalides et qui est concédée à la Compagnie de l'Ouest.

Cette ligne est établie tantôt en tranchée ouverte, tantôt en souterrain. Sa création est associée au percement du *boulevard d'Enfer* dont les sections nouvelles devront être assez élargies pour permettre une aération fréquente du chemin de fer.

Telles sont les lignes du second réseau dont j'ai l'honneur de présenter à la Société des Ingénieurs Civils l'étude sommaire.

Les dépenses de ces trois lignes peuvent se résumer ainsi (Pièce n° 12 du dossier) :

Expropriations.	48.600.000 fr.
Travaux.	46.260.000
Total.	94.860.000 fr.

Ces prix comprennent, bien entendu, les opérations de voirie associées à la création du chemin de fer et pour lesquelles j'ai pris les évaluations de la Ville de Paris.

En dehors de ces lignes le dossier ci-joint renferme les études de deux raccordements nouveaux que j'ai fournies à l'Administration sur sa demande.

Le premier de ces raccordements a pour objet de créer une jonc-

tion sans rebroussement entre la gare Saint-Lazare et la gare du Nord.

Le second a pour effet de rapprocher l'Artère Centrale de la place de la Bastille et de la souder à la ligne de Vincennes d'une façon plus satisfaisante.

Si j'avais écarté ces variantes de ma première étude malgré leurs réels avantages, c'était en raison de l'augmentation de dépense qu'elles imposent.

Paris, le 16 juillet 1886.

Paul Haag.

M. Hauet croit qu'il n'est pas mauvais que la Société possède ces documents. Maintenant surtout que la question du Métropolitain paraît près d'aboutir, il sera utile qu'on puisse faire, dans l'avenir, à chacun la part qui lui revient dans l'élaboration de cette œuvre. *(Applaudissements.)*

M. le Président remercie MM. Haag et Hauet et ajoute que si tout le monde ne partage pas les idées de M. Haag au sujet du Métropolitain, personne ne peut nier que cet habile Ingénieur n'ait largement contribué à importer en France l'idée de construire ce chemin de fer.

— M. Auguste Moreau a la parole pour sa communication sur les matières exploisives.

M. Auguste Moreau dit qu'il manquait, jusqu'à ce jour, un traité complet, une sorte d'encyclopédie des explosifs modernes. Aucun ouvrage n'avait encore été publié en Europe, donnant des renseignements théoriques suffisants, accompagnés de nombreuses données pratiques et d'expériences personnelles d'un Ingénieur, comme M. Chalon, qui s'est toujours occupé de travaux publics, de travaux de mines, et qui a une compétence spéciale en matière d'explosifs, étant lui-même Directeur d'une usine de dynamite.

Certains ouvrages antérieurement publiés étaient purement théoriques; tout le monde connaît le traité magistral de M. Berthelot sur la force des matières explosives, qui fait loi partout, et dont les conclusions ont été adoptées dans le monde entier ; un certain nombre d'autres, comme ceux de MM. Barbe, Champion, Caillaux, Cerbelaud. etc., traitent de sujets spéciaux, et beaucoup d'entre eux ont été présentés à la Société ; mais aucun traité d'ensemble n'avait combiné toutes ces données éparses, et c'est à la poursuite de ce but que M. Chalon a consacré tous ses efforts ; c'est son ouvrage intitulé : *Les Explosifs modernes*, que je vais avoir l'honneur de présenter ce soir à la Société.

L'ouvrage se divise en cinq grandes parties. La première passe en revue les propriétés spéciales des matières susceptibles d'entrer dans la composition d'un explosif. La seconde donne la nomenclature, l'étude et la fabrication des principaux explosifs modernes.

La troisième traite de l'usage des cartouches dans les mines, et leur mise à feu.

La quatrième présente la description de travaux et de sautages de mines. Comme il n'est pas possible de donner des règles précises pour chacun des nombreux cas qui peuvent se présenter, dans la pratique, les nombreux exemples cités serviront de guide précieux pour les entrepreneurs et les mineurs.

Enfin, la cinquième partie est une énumération des règlements, lois, cahiers des charges, etc., qui concernent les matières explosives dans les différents pays. Cette partie paraît, au premier abord, présenter moins d'intérêt que les autres ; mais elle est au contraire fort importante, parce qu'elle permet à chacun de se rendre immédiatement compte pour chaque pays des facilités de transport, d'emmagasinage, etc., des corps explosifs.

M. Auguste Moreau entre alors dans l'étude de détail de ces différentes parties. Il dit que M. le Président ayant bien voulu faire à ce modeste compte rendu les honneurs de l'insertion au Bulletin, il ira très vite dans l'analyse qu'il se propose d'en faire en séance.

Le mémoire imprimé donnera aux personnes intéressées des renseignements un peu plus développés sur le gros travail de M. Chalon.

La première partie est consacrée à l'étude des matières susceptibles d'entrer dans la composition des explosifs : charbon, sciure de bois, hydrocarbures, nitrates, soufre, etc. M. Chalon y rend compte des effets qui leur sont particuliers, de leur dosage dans les poudres et des soins qu'il faut apporter à leur purification lorsqu'on veut les mélanger avec de la nitroglycérine.

Le corps explosifs : chlorates, picrates, fulminates, mélanges détonants, pyroxiles et nitroglycérine, sont étudiés au point de vue de leurs propriétés et de leur préparation. La fabrication de la nitroglycérine est donnée avec tous ses détails,

C'est spécialement dans ce premier chapitre que M. Chalon expose les résultats de ses propres expériences; citons l'action de l'eau sur les nitro-gélatines, l'augmentation de 5 à 8 0/0 de la force d'un explosif à base de sciure de bois, lorsque celle-ci a été torréfiée, l'augmentation de sensibilité au choc des explosifs renfermant plus de 80 0/0 de nitroglycérine, lorsqu'ils contiennent du nitrate de potasse, etc., et surtout, l'explication peu connue jusqu'à ce jour de l'influence du camphre dans les dynamites.

Cette influence parait provenir d'un effet purement mécanique dû à ce que le camphre se volatilise très facilement à la température ordinaire et émet des vapeurs qui ont une densité considérable : 3,317. Les vapeurs de camphre qui se dégagent opposent alors une certaine résistance et forment une sorte de coussin élastique qui amortit les chocs et diminue, par suite, la sensibilité des dynamites.

Le chapitre III est l'un des plus importants de cette première partie; il traite des nitro-celluloses diverses, pyroxiles, coton-poudre, nitronamite fulmi-paille, etc.

Nous citerons les expériences du lieutenant autrichien, von Forster, et du professeur Krant, du Hanovre. Il semblerait en résulter que les explosions spontanées, si redoutées du fulmi-coton, ne sont nullement dues à des traces d'acide que le lavage a été impuissant à enlever. M. AUGUSTE MOREAU n'en persiste pas moins à croire, avec M. Chalon, qu'il est imprudent de manipuler du coton-poudre imparfaitement lavé et qui n'aurait pas été débarrassé de toute trace d'acide.

Les nitro-celluloses sont l'objet d'une étude très détaillée; elles sont classées en deux catégories : les *fulmi-coton* et les *nitro-celluloses solubles*. Les premières comprennent les celluloses trinitrées, connues sous le nom de *coton-poudre et gun-coton*, lorsqu'elles sont seules; et *tonite*, *potentite*, *poudre de Schulze*, *litho-fracteur*, *dynamital*, etc., quand elles sont nitratées ou chloratées.

Les nitro-celluloses solubles sont les celluloses trinitrées qui fournissent le *collodion*, le *celluloïd* et des produits ayant l'aspect du fulmi-coton ordinaire avec des propriétés différentes.

Ce chapitre se termine par l'étude de la plupart des celluloses nitrées qui proviennent de matériaux divers pouvant fournir de la cellulose ou ses isomères : telles sont les *fulmi-paille*, *fulmi-son*, *nitro-sacharrose*, *nitro-mannite* etc., qui sont des variétés de celluloses nitrées.

Enfin, le chapitre IV et dernier de cette première partie traite à fond de la *nitroglycérine*, qui joue, comme on sait, un rôle prépondérant depuis quelques années dans la fabrication de la plupart des explosifs. On y voit un exposé très complet de tous les procédés industriels connus pour préparer cette substance, et un compte rendu des résultats de la fabrication.

M. AUGUSTE MOREAU passe ensuite à l'exposé de la seconde partie, qui traite plus spécialement de l'étude des explosifs à base de nitroglycérine ou *dynamites*. On y remarque la classification si simple, proposée par M. Chalon, des dynamites en *dynamites proprement dites* et *nitro-gélatines*; c'est-à-dire en dynamites à absorbants chimiquement inertes et en dynamite à absorbants actifs, ou eux-mêmes explosifs.

Dans le premier cas, l'absorbant n'exerce aucune action chimique et se retrouve après l'explosion de la nitroglycérine, à l'état de résidu inaltéré. Il joue cependant un certain rôle qui est de diminuer la force d'explosion de la nitroglycérine, en absorbant en pure perte une partie de la chaleur produite par celle-ci et qui pourrait être entièrement utilisée à chauffer les gaz produits et à augmenter leur effet brisant.

Dans le second cas, au contraire, l'absorbant est lui-même un explosif et agit comme tel dans la détonation de l'ensemble. Ce résultat qui a été contesté est aujourd'hui absolument prouvé.

Il est même démontré qu'un explosif à base active, non seulement produit un effet qui représente la somme des deux effets élémentaires des corps entrant dans sa composition, mais même que l'effet total produit dépasse cette somme.

En y réfléchissant tant soit peu, cela s'explique parfaitement. Il est certain, par exemple, qu'un explosif composé de nitroglycérine et de poudre, lorsqu'il vient à détoner, — la nitroglycérine détonant à haute température, — porte les gaz produits par la poudre à une température qui dépasse notablement celle qu'ils auraient atteinte si la poudre eût été seule et n'avait point bénéficié de l'explosion de la nitroglycérine qui a eu lieu à une température beaucoup plus élevée ; par conséquent l'effet produit par la poudre seule est ici exagéré. Sans compter une foule de composés secondaires comme des sulfites, des hypo-sulfites, les sulfures, etc., qui se forment dans l'explosion, ou bien des résidus comme les nitrates non décomposés, la potasse, etc., qui restent ordinairement à l'état solide et qui sont volatilisés par une haute température, ajoutant à la force de l'explosion. Ces faits d'ailleurs ont été démontrés par M. Drinsker dans une série d'expériences fort remarquables détaillées dans l'ouvrage.

Après avoir étudié les principales dynamites, les procédés de fabrication et l'installation d'une fabrique complète avec tous ses ateliers, M. Chalon consacre un chapitre spécial aux procédés savants ou élémentaires employés pour faire l'analyse qualitative et quantitative des dynamites et nitroglycérine, et pour effectuer les épreuves si importantes dites *de stabilité*.

Le procédé le plus simple consiste à chauffer la matière à une température relativement élevée, 70° à 72° environ ; si après cette épreuve il ne se produit pas de dégagement de vapeurs nitreuses, ni de décomposition violente, on considère l'explosif comme suffisamment stable.

M. Auguste Moreau résume ensuite la troisième partie qui traite de l'emploi des explosifs. La manière de préparer les cartouches amorces et de charger un trou de mines sont des notions élémentaires fort connues des mineurs; mais, ce qu'ils connaissent beaucoup moins et qu'ils trouveront expliqué dans l'ouvrage de M. Chalon, c'est la cause des *ratés* qui entraînent presque toujours de graves accidents, ou au moins une perte de temps et de main-d'œuvre.

M. Chalon insiste dans un chapitre absolument neuf sur le tirage des mines par l'électricité, qui permet d'effectuer des explosions multiples et simultanées dont l'avantage est de produire des effets importants, de réduire le nombre des trous de mines à perforer, et de diminuer notablement le danger des débourrages. On peut donc compter, en adoptant le procédé de mise à feu par l'électricité, sur un travail meilleur et plus économique.

Le chapitre se termine par l'exposé du moyen fort ingénieux employé en diverses circonstances par M. Chalon, pour improviser une installation électrique avec les matériaux qu'on a sous la main, lorsqu'on manque de piles ou d'appareils spéciaux.

M. Auguste Moreau termine par un examen rapide de la quatrième partie, qui est la plus importante de l'ouvrage. M. Chalon a exposé d'abord la théorie générale et complète des poudres et explosifs d'après les études de M. Berthelot.

En passant, M. Chalon condamne absolument les idées de MM. Roux et Sarrau sur les explosions de *premier* et de *second ordre.*

Cette théorie a été en effet depuis longtemps reconnue inexacte par toutes les personnes compétentes. Il n'y a en réalité qu'un seul ordre d'explosions : la détonation qui, selon les circonstances dans lesquelles elle se produit et les causes qui la déterminent, est *plus* ou *moins complète.* S'il peut y avoir une distinction à établir, c'est entre la *combustion simple* et la *détonation.*

Ces considérations se terminent par une étude spéciale de la mesure de l'énergie développée par un explosif.

Les différents effets produits par les substances explosives sont dus à la fois à la pression et au travail développé par l'explosion ; soit à la *force* et au *potentiel.*

Basés sur ces données, suivent des calculs théoriques très complets sur les effets produits par une explosion. L'auteur fait remarquer à juste titre que ces calculs sont difficiles à appliquer et qu'ils sont loin d'offrir une garantie suffisante dans la pratique.

Pour mesurer la force des explosifs, on préfère avoir recours à divers appareils, basés sur la méthode dynamique ou la méthode statique.

Parmi les premiers il faut citer le *mortier-éprouvette,* petite bouche à feu inclinée qui, chargée d'une quantité connue de matière explosive, lance un projectile ; d'après la portée de la parabole décrite, on calcule la vitesse initiale, et on peut faire ainsi des comparaisons sur les forces relatives de divers explosifs. M. Chalon a exécuté lui-même avec cet appareil un assez grand nombre d'expériences, dont le résumé se trouve dans un tableau fort intéressant à consulter.

Dans le chapitre II se trouve une étude approfondie des travaux de mines, et un autre tableau très important et très complet donne, pour les principales familles d'explosifs, et pour des travaux divers et des roches de duretés variables, les dimensions et le nombre des trous de mines, en même temps que la charge à employer.

Le chapitre III est plus spécialement consacré aux travaux des mines ; on y passe en revue l'abatage des roches, le percement des galeries et tunnels, le fonçage des puits, etc.

L'auteur termine par l'exposé des procédés employés dans quelques grands travaux exceptionnels, tels que le percement du Gothard, du

tunnel du Hoosac aux Massachusets, etc.; il s'étend avec détails sur le sautage de ce rocher gigantesque qu'on a fait sauter au port de Gênes, et qui a fait l'objet de la remarquable communication de M. Cerbelaud, à la Société à la fin de l'année 1885.

Les derniers chapitres traitent des explosions sous-marines ; et de l'intéressante question des explosions sympathiques ou par influence. On s'était depuis longtemps aperçu qu'une cartouche, de dynamite par exemple, en faisant explosion, pouvait entraîner l'explosion d'une autre cartouche, posée à quelque distance ; qu'une poudrière en sautant, pouvait en faire sauter une autre à une assez grande distance de la première, etc.

Ces effets ont été étudiés de près dans ces dernières années et c'est surtout sous l'eau qu'ont été faites les expériences à cause du grand intérêt que présente cette question des explosions par influence dans l'usage des torpilles.

On comprend parfaitement, par exemple, qu'une chaîne de torpilles disposées aux abords d'un port pour le protéger, puisse être éventée par une explosion déterminée à distance, et qui détermine par influence, l'explosion de toute la chaîne des engins de protection.

Un assez grand nombre d'exemples a d'ailleurs été choisi par M. Chalon, dans les travaux sous-marins. On ne peut passer sous silence le sauvetage du *Leader*, steamer qui s'était échoué chargé de grains dans l'Escaut, à l'entrée du port d'Anvers.

L'étude très complète des moyens employés pour faire sauter ce steamer est un modèle pour tous les cas analogues, un type à suivre toutes les fois que l'on aura à dégager la passe d'une rivière ou l'entrée d'un port obstrué.

La fin de cette partie de l'ouvrage de M. Chalon est consacrée aux multiples applications des explosifs modernes dans différentes directions et spécialement à l'art de la guerre ; il passe en revue leur emploi dans le génie militaire, l'artillerie, l'agriculture, l'abatage des arbres, l'arrachage des souches, le battage des pieux, la rupture des glaces en rivière, etc. L'auteur met naturellement une grande discrétion dans tout ce qu'il expose relativement à l'armée et qui d'ailleurs présente peu d'intérêt au point de vue industriel.

Un passage assez curieux est celui qui traite du chargement des obus par la dynamite. Les essais ont complètement réussi et ont démontré que de pareils obus permettent d'obtenir, avec des canons de petit calibre, des résultats plus considérables que ceux qui sont fournis par les plus puissants engins dont dispose l'artillerie moderne. L'obus à dynamite est donc un problème résolu; mais ce qui n'est pas encore trouvé, c'est le canon qui puisse le projeter sans danger.

En Amérique, M. Zalinski paraît être arrivé assez près de la solution, sans avoir cependant obtenu de résultats définitifs.

On comprend cependant combien le problème posé est actuellement intéressant, surtout dans la marine pour la défense des navires cuirassés.

Les grands cuirassés sont en effet actuellement tout à fait à la merci de petits torpilleurs. Pour venir à bout d'un torpilleur, le cuirassé devrait couvrir la mer d'une grêle de projectiles, et, comme le tir le plus nourri n'atteint que de vingt à vingt-cinq coups à la minute, il faudrait une grande artillerie impossible à réaliser pour arrêter le torpilleur dans sa marche. Le cuirassé n'est actuellement protégé contre celui-ci que par un filet dont l'efficacité est des plus douteuses ; les hommes de métier eux-mêmes considèrent cette protection comme illusoire, estimant que le mieux serait de cribler de projectiles au moyen d'une artillerie puissante l'audacieux torpilleur qui s'avance.

L'obus à dynamite permettra d'atteindre ce but; mais comme il a été dit plus haut, le canon qui doit le lancer n'est pas encore absolument trouvé, et des progrès sont encore à réaliser pour que le problème soit résolu.

M. Auguste Moreau n'ajoutera rien sur la cinquième partie qui n'est qu'une collection, d'ailleurs fort utile, de règlements et de lois sur la matière. Il termine en faisant remarquer que ce volume, qui est une véritable encyclopédie, est appelé à rendre de grands services aussi bien aux Ingénieurs portés vers les questions de pure théorie qu'aux hommes pratiques qui cherchent des renseignements pour un cas déterminé. Il fera aussi tomber bien des préjugés en montrant combien l'emploi des grands explosifs modernes est réellement peu dangereux et à quelle infinité d'applications ils se prêteront quand on saura les manier convenablement et que leur usage se sera propagé davantage. *(Applaudissements.)*

M. le Président remercie M. Auguste Moreau de la communication très intéressante qu'il vient de faire pour la vulgarisation d'un livre luimême très utile ; il espère que les explosifs qui ont de si terribles usages à la guerre serviront davantage aux travaux de la paix.

M. Hervegh tient à offrir à la Société un ouvrage qui présente dans son ensemble et dans certains détails une grande analogie avec le livre de M. Chalon sur les explosifs modernes.

Il pense que ce recueil (intitulé : « The modern high explosives », by Manuel Eissler), publié à New-York déjà en 1884, a dû être utile à M. Chalon, et qu'il intéressera peut-être aussi d'autres de ses collègues.

M. Auguste Moreau fait remarquer à M Herwegh que M. Chalon cite cet ingénieur américain dans sa préface, en le remerciant des nombreux documents qu'il lui a empruntés. Il a d'ailleurs toujours dit qu'il n'existait aucun traité de ce genre en *Europe*,

M. Hervegh dit que M. Chalon parle bien dans sa préface de nombreux documents fournis par M. Eissler, mais nullement du livre en

question, qu'il ne mentionne en tout que deux fois dans le cours de son ouvrage.

M. le Président remercie M. Herwegh, et ajoute que la Société sera heureuse de posséder les deux ouvrages; celui de M. Chalon, qui est écrit en français, sera consulté avec plus d'intérêt par nos collègues.

M. Auguste Moreau voyant qu'on insiste sur l'ouvrage de M. Eissler, se voit contraint à dire franchement ce qu'il en pense. Les revendications de cet Ingénieur constituent en effet une chose assez étrange, son ouvrage n'étant lui-même qu'une vaste compilation, sans aucune originalité. M. Eissler ne cite presque jamais un nom d'auteur, et des chapitres entiers de son travail ne sont que des traductions de brochures spéciales européennes. C'est à ce point que lorsque l'on cherche ingénument à en traduire certains passages, on reproduit sans s'en douter les textes originaux eux-mêmes.

M. Hervegh fait remarquer qu'il ne s'agit nullement d'une revendicacation de la part de M. Eissler et encore moins d'une réclame quelconque pour cet ingénieur ou son livre (écrit d'ailleurs pour des Américains), mais qu'il a simplement cru rendre un service à ses collègues en mettant cet ouvrage à leur disposition, ne fût-ce que pour leur permettre de comparer deux recueils publiés sur le même sujet et au besoin, de compléter l'un par l'autre.

Il regrette que ceci ait donné lieu à une discussion et cela d'autant plus que la tournure qu'elle a prise le force de dire que, compilation pour compilation, si celle de M. Chalon a l'avantage d'être de date plus récente et le plus grand encore, d'être écrite en français, celle de M. Eissler a toutefois le mérite de la priorité.

M. Hervegh ajoute que l'analogie entre ces deux ouvrages est suffisante pour que la plupart des reproches que l'on pourrait faire au livre de M. Eissler atteignent par ricochet aussi celui de M. Chalon, et cela d'autant plus que ce dernier a paru plus tard et qu'il s'adresse à un public plus exigeant.

M. Hervegh fait observer que le traité de M. Eissler, bien qu'il omette de mentionner de nombreuses publications mises en contribution (entre autres, celles des auteurs *européens* : MM. Lauer, Mahler, Heyne, desquels M. Chalon aussi tire 23 pages de texte et 20 figures, par l'intermédiaire du livre *américain*, sans plus nommer celui-ci que ceux-là) indique la provenance pour 123 pages de texte (dont 79 entre guillemets) et 35 figures; tandis que dans le traité de M. Chalon (bien qu'uniquement avec le livre de M. Eissler il y ait déjà concordance pour environ 80 pages et 50 figures) on ne trouve spécifiées, comme empruntées d'autres ouvrages cités, *en tout* (pour les quatre premières parties correspondantes) guère qu'environ 60 pages de texte et 20 figures.

M. Hervegh termine en disant que loin de vouloir faire le procès aux auteurs que la nature même des sujets traités oblige à puiser à droite et à gauche, il pense, au contraire, qu'ils peuvent rendre de grands services, mais qu'ils devraient aussi indiquer *chaque fois* à qui ils ont fait les différents emprunts, ce qui du reste ne pourrait qu'augmenter l'autorité et la valeur de leurs ouvrages.

M. Auguste Moreau pense que cette stérile discussion peut en rester là, nos collègues ayant actuellement en mains tous les éléments pour juger impartialement la question.

M. le Président donne la parole à M. Fleury pour qu'il reprenne sa communication sur le Congrès de navigation intérieure tenu à Vienne, au point où elle a été interrompue dans la dernière séance, c'est-à-dire à la description du Danube en amont de Vienne.

M. Fleury. — Monsieur le Président, avant de nous engager sur le Danube, je vous demande la permission de revenir un instant sur nos pas, jusqu'à Manheim.

Depuis notre dernière réunion, en effet, M. Honsell, directeur des travaux publics à Karlsruhe, a bien voulu m'envoyer toute une collection de plans et de cartes relatifs à Manheim, et qui me paraissent assez intéressants pour être mis sous les yeux de nos collègues. J'ai, dans la dernière séance, cité Manheim comme un modèle achevé de gare fluviale. Les dessins que, grâce à l'extrême obligeance de M. Honsell, je puis aujourd'hui vous montrer, sont la démonstration compléte de ce que j'avançais.

Je vous signale d'abord deux dessins qui représentent l'état de Manheim en 1856 et en 1875, et font ressortir les progrès accomplis dans cette période. Un autre plan nous montre l'état actuel de la gare fluviale de Manheim, où les communications entre le Rhin et le Neckar sont si heureusement ménagées. La disposition des quais, la répartition des appareils de déchargement, des docks et des magasins, la profusion des voies ferrées, les raccordements avec toutes les lignes d'un vaste réseau de chemins de fer, font des installations de Manheim, un modèle, on peut dire, parfait de ce genre, et qui justifie et explique le développement et les progrès que je vous signalais l'autre jour.

J'attire aussi, sur les dispositions très intéressantes de la gare de triage, l'attention de ceux de nos collègues qui s'occupent plus spécialement de ces questions; et, avec le regret de ne pas pouvoir aujourd'hui, faute de temps, mieux utiliser les documents que j'ai l'honneur de vous présenter, je reprends ma route.

De Francfort, après nne étape à Nuremberg, nous sommes arrivés sur le Danube, à Ratisbonne.

C'est en amont de cette ville que débouche l'*Altmühl* dans laquelle

est l'entrée de ce canal *Lüdwig*, d'une longueur de 177 kilomètres, qui fait communiquer les deux grands bassins du Rhin et du Danube, par l'Altmühl d'un côté, la Reignitz, affluent du Mein, de l'autre. De petites dimensions, mal entretenu, encombré d'écluses trop étroites et trop courtes, ce canal, bien qu'ayant eu une profondeur de 2^{m},15, n'a pas tenu contre les chemins de fer.

Il n'est pour ainsi dire plus fréquenté.

Une autre cause, d'ailleurs, de cet abandon réside dans la difficulté d'accès du côté du Danube : la grande vitesse de ce fleuve, dans la partie en amont de Ratisbonne, est telle qu'aux moindres crues, la remonte est à peu près impossible et la descente dangereuse, aux traversées de ponts, en particulier.

Cette vitesse, due à la grande pente du fleuve dans sa partie supérieure, s'est encore beaucoup accrue, depuis une quarantaine d'années, par suite des travaux exécutés en amont dans la pensée d'améliorer la navigation entre Ulm et Ratisbonne.

On ne s'y est pas contenté, comme sur le Rhin, de gagner de la profondeur en resserrant progressivement le lit au moyen d'épis et de digues longitudinales, en fermant les anses, en barrant les faux bras, en faisant, en un mot, œuvre de patiente expérimentation, d'observation judicieuse. Sur près de 82 kilomètres de développement, toutes les boucles du fleuve ont été recoupées par un nouveau lit ; un travail du même genre a été poursuivi entre Ingolstadt et Neustadt.

On a ainsi diminué notablement la longueur kilométrique du parcours ; on ne pensait qu'à abréger la route de la navigation ; on abrégeait aussi celle des eaux. Il en est résulté que le Danube, déjà rapide dans son état naturel, l'est devenu beaucoup plus encore ; les crues de l'amont qui autrefois mettaient trois jours à arriver à Ratisbonne, s'y précipitent maintenant en 20 heures ; elles tombent, par suite, en coïncidence avec celles des principaux affluents, ce qui les rend plus violentes et plus dangereuses.

Les mêmes méthodes, je dois le dire, ont prévalu dans toute la partie bavaroise du fleuve, quoique peut-être avec moins de rigueur d'exécution dans la partie inférieure, entre Ratisbonne et Passau.

Néanmoins, après l'avoir parcourue, on conserve l'impression que les raccourcissements et les rectifications ont eu surtout pour effet d'accroître la vitesse sans augmenter sensiblement la profondeur. Cet accroissement de vitesse a créé à la navigation des difficultés qui l'ont en partie découragée ; le mouvement entre Ratisbonne et Passau n'est plus aujourd'hui que de 80,000 tonnes, dont 30,000 tonnes à la descente et 50,000 tonnes à la montée, ce dernier chiffre presque exclusivement formé de céréales hongroises.

En résumé, il semble que ces mêmes travaux qui, sur le Rhin, ont donné les excellents résultats que je vous signalais, il a quinze jours,

n'ont pas eu le même effet, sur la partie supérieure du Danube. Il y a certainement exagération du principe ; on a généralisé, avec trop peu de précaution, cette méthode des épis et des digues ; il eût peut-être fallu aider à l'effet de ces ouvrages par quelques travaux de dragage et rendre immédiatement en profondeur ce qu'on retirait en largeur. Il semble qu'on devra revenir sur ce qu'on a fait, élargir au lieu de rétrécir, et rendre au fleuve une partie de ses allures naturelles. C'est un travail du même genre qu'on a dû faire sur la Meuse belge, où, comme sur cette partie du Danube, les travaux d'amélioration avaient eu pour conséquence un accroissement de vitesse. Or l'accroisssement de vitesse au delà d'une limite très serrée est, plus que la crue elle-même, une cause d'arrêt pour la navigation.

Le Danube présente d'ailleurs une succession de grands bassins séparés par d étroits défilés qui posent chacun des problèmes spéciaux aux Ingénieurs. A Passau, ville située dans une position admirable, au confluent de l'Inn et de l'Ilz avec le Danube, celui-ci est déjà un très grand fleuve. Le lit navigable y a une largeur de 120 mètres. De Passau à Linz, il coule, presque tout le temps, resserré dans un étroit défilé où ses eaux profondes ont une vitesse considérable. De Linz, après avoir reçu le Traün, le fleuve se répand dans une vaste plaine alluviale, où il divague en un grand nombre de bras. Puis vient un nouveau défilé — *le Strüdel* — où une expérience saisissante des difficultés de cette navigation a été faite devant le Congrès.

Le jour où le Congrès a visité cette partie du fleuve, il a, en descendant le fleuve, rencontré un peu en aval du *Strüdel* un convoi de quatre chalands qui remontaient, remorqués par un fort vapeur de 250 chevaux.

Ces chalands sont des bateaux ayant peu de quille, portant environ 300 tonnes (de 1,000 kilogrammes) et tirant avec cette charge 2 mètres d'eau.

Le Danube avait à ce moment une crue — peu importante — de 3 pieds 1/2 environ. Arrivé au *Strüdel*, où le lit est étranglé à n'avoir que 65 mètres de large, le convoi a dû se disloquer; les chalands ont été halés un à un, pendant environ 4 kilomètres, par 5 paires de bœufs chacun, et le convoi s'est reformé en amont. Une navigation qui rencontre sur son parcours des obstacles de ce genre est forcément une navigation précaire, condamnée à ne pas se développer.

Ce court défilé cesse à Krems, où commence la grande plaine dans laquelle se trouve Vienne.

A Vienne, je tiens à vous signaler tout de suite les grands travaux de régularisation exécutés de 1871 à 1875 et dont, grâce à l'obligeance de la commission de régularisation du Danube, je puis mettre un plan à grande échelle, sous vos yeux.

Le fleuve qui divaguait autrefois dans ces nombreux bras, qui avait par

suite, des inondations couvrant une superficie considérable, inondations menaçantes pour la ville elle-même, le fleuve est aujourd'hui concentré dans un chenal régulier de 16 kilomètres de long, d'une largeur de 305 mètres, avec réserve d'un large lit inondable délimité sur la rive gauche par une longue digne insubmersible. La profondeur à l'étiage y est de $3^m,65$. Non seulement ces travaux ont mis la contrée à l'abri de l'inondation, la navigation y a encore singulièrement gagné en facilité et en sécurité. Cette grande œuvre, aussi heureusement exécutée que bien conçue, a été le point de départ de la transformation de la capitale de l'Autriche. Elle est due à cette association de MM. Couvreux et Hersent qui a été si féconde et, je puis et je dois le dire, c'est une de ces œuvres qu'un Ingénieur français est heureux de rencontrer à l'étranger car elle fait honneur à notre profession et à notre pays. *(Applaudissements.)*

En amont de Vienne, à 16 kilomètres, est l'amorce du grand canal projeté du Danube à l'Elbe, et dont l'exécution aurait pour résultat de réunir deux des plus grands bassins de l'Europe, ayant, à eux deux, un développement de voies navigables de plus de 13,000 kilomètres.

Vous voudrez bien me permettre de vous donner sur ce grand projet, quelques détails que j'extrais d'une communication de M. l'Ingénieur Deustch, de Vienne, à l'obligeance duquel je dois de pouvoir mettre sous vos yeux cette grande carte des voies de communication de l'Europe centrale.

Le canal projeté s'enracine au Danube à la cote 165. Il s'élève, au moyen de 129 écluses, jusqu'à la cote 552, où est le seuil du point de partage. Il redescend ensuite dans la vallée de la Moldau et s'embranche sur cette rivière à la cote 382 près de Budweis. La Moldau doit, à partir de ce point, être canalisée jusqu'à son confluent avec l'Elbe près de Melhick, à la cote 154. Cette canalisation comporte 64 écluses. Ces écluses doivent être réunies par groupes, de façon à ménager des biefs horizontaux ayant 12 kilomètres de longueur au moins et 26 kilomètres pour quelques-uns, dans lesquels on installerait des chaînes de touage.

Cette disposition des écluses par groupes peut entraîner à une augmentation notable de dépense ; c'est, en tous cas, une complication dans le tracé et la construction, et, à première vue, on peut se demander si ces inconvénients sont suffisamment compensés par les avantages que donnera l'emploi du touage dans les biefs.

Ces écluses, calculées d'après la dimension des bateaux des deux fleuves, auraient, sur le canal proprement dit, 61 mètres de longueur utile et 7,75 de large ; sur la Moldau, où on naviguerait de préférence par convois, les écluses sont projetées à $121^m,50$ de long et $15^m,50$ de large.

Le mouillage doit uniformément être de 2 mètres. C'est celui qu'on recherche d'ailleurs sur tout le Danube, comme aussi sur l'Elbe.

Au début, on ne donnera qu'une largeur de 8 mètres au plafond, en ménageant de nombreuses gares ; — ce sera en somme un canal à une voie. — L'alimentation paraît assurée au moyen de retenues dans les parties supérieures du bassin de la Moldau, où les cours d'eau ne manquent pas.

On avait objecté les climats ; mais les glaces ne paraissent pas devoir occasionner un chômage de plus de 50 à 60 jours par an, ce qui est peu dans ces régions.

Les promoteurs de cette grande œuvre en attendent des résultats économiques et même politiques considérables, malgré la concurrence de trois lignes de chemin de fer à peu près parallèles, — la Franz-Joseph-Bahn, qui relie Vienne à toute la Bohême occidentale par Budweis, Pilzen, et de là avec les lignes de la Saxe et de la Prusse, avec une branche vers Prague et Dresde ; la Nord-Westbahn qui va également de Vienne à Prague par Iglau, et la Nord-Staadbahn et la Kaiser-Ferdinandbahn combinées, qui desservent la partie orientale et mettent Vienne en communication avec Breslau, soit par Brünn, soit par Olmütz.

En raison de leurs profils accidentés, ces chemins de fer ne doivent pas exploiter à très bon marché, malgré le bas prix du combustible. — Toutefois, les évaluations relatives au produit du canal du Danube à l'Elbe devraient, comme toutes les évaluations de ce genre, être serrées de près pour pouvoir être appréciées. — Je ne le ferai pas maintenant.

Il me suffisait de vous signaler la hardiesse grandiose de ce projet qui, en ouvrant entre des pays riches et peuplés une nouvelle voie à l'échange, en reliant la mer Noire à la mer du Nord, à Hambourg, sera certainement une nouvelle source de richesse. Je dois dire encore que par leurs études consciencieuses et approfondies, les Ingénieurs qui en poursuivent la réalisation sont dignes de toute la sympathie de leurs confrères français.

Ce projet n'est pas le seul qui s'agite en Autriche, on y étudie aussi un canal du Danube à l'Oder qui partirait de la rive gauche du Danube, à 10 kilomètres en aval de Vienne, et irait rejoindre l'Oder à Oderberg, après un parcours de 240 kilomètres. Ce projet remonte au temps de Marie-Thérèse. Il a, plus d'une fois, été remanié depuis cette époque. Actuellement, le tracé, en quittant le Danube un peu en aval de Vienne, suit la vallée de la Marsch à 215 kilomètres de son point de départ ; il quitte cette vallée à une altitude de 281 mètres, supérieure de 136 mètres à celle de son origine (qui est à la cote 145) et redescend dans la vallée de l'Oder qu'il rencontre à Oderberg, à 65 kilomètres de là, à la cote 193. Il comporte 84 écluses en tout.

Il existe en Hongrie deux grands canaux, le canal de la Béga, de 120 kilomètres de long, qui relie Temeswar à la Theiss, un des affluents de gauche du Danube, et le canal Franz-Joseph, de 110 kilomètres, qui s'étend du Danube à Battina. Ces deux canaux ont une importance considérable pour le transport des produits de l'agriculture dans un pays où il n'y a pour ainsi dire pas de routes, pas de chemins vicinaux. Leur trafic va constamment en s'accroissant, et la Compagnie du canal Franz-Joseph, dont le général Türr est un des membres les plus actifs, songe à étendre considérablement le réseau des voies navigables artificielles, à le faire s'avancer jusque dans la partie — que j'appellerai la partie maritime du Danube — dans les provinces Danubiennes.

Les canaux projetés partout à 2 mètres de profondeur, n'auront, dans toute cette vaste région, toute leur utilisation que lorsque les fleuves où ils aboutissent pourront toujours et partout, dans toute l'étendue de leurs cours, assurer le même tirant d'eau à la navigation.

Il suffit, en effet, de quelques points difficiles où le mouillage en étiage soit inférieur à celui du reste du fleuve, pour inutiliser tous les avantages existants ou acquis dans les autres parties : c'est le point difficile qui devient le régulateur de l'utilisation du fleuve. Aussi, le gouvernement autrichien, la puissante Compagnie de navigation du Danube, et la grande Association du Danube, le Donauverein, dirigent-ils tous leurs efforts vers ces solutions, non seulement dans l'étendue de la monarchie austro-hongroise, mais au delà, vers l'aval dont les travaux d'amélioration ont été confiés au gouvernement austro-hongrois par l'article 57 du traité de Berlin.

M. le chevalier de Goldschmidt et M. le chevalier de Malnay, dont j'ai eu souvent à apprécier le bienveillant accueil et la prévenante hospitalité, ont bien voulu me confier les documents officiels les plus intéressants, émanés de la Commission Impériale et Royale de régularisation et de l'Association du Danube que j'ai citée tout à l'heure. Je ne les analyserai pas en ce moment, à mon grand regret, car ils sont très instructifs et pleins d'intérêt, mais le temps me presse.

En résumé, deux commissions ont été constituées pour étudier la question : une en 1874, une en 1879. Cette dernière comptait dans son sein deux ingénieurs français, M. Gros et M. Jacquet. Les travaux qu'elle conseille doivent avoir pour résultat d'assurer partout au fleuve une profondeur de 2 mètres, sur une largeur minima de 60 mètres en basses eaux. Comparées à la vaste et majestueuse étendue du fleuve, ces dimensions paraissent bien modestes, bien humbles. Mais, c'est, en réalité, tout ce qu'il faut pour assurer une navigation active et prospère.

Or, dans la partie du fleuve en aval de Pesth et jusqu'en Serbie, il y a huit défilés où existent, à travers de nombreux écueils, des

rapides d'une navigation toujours difficile, très souvent impossible. A travers ces rapides, la commission propose d'ouvrir un chenal, au moyen de digues et du sautage des roches. Mais aux Portes de Fer, le dernier et le plus célèbre de ces obstacles, ces procédés n'ont pas paru suffisamment efficaces à la Commission. En effet, sur une longueur de 1,600 mètres, il y a, dans cette partie, une chute totale de 3 mètres en hautes eaux, de 5^{m},20 à l'étiage. La Commission propose un canal qu'on appelle latéral, parce qu'il sera sur l'une des rives, la rive serbe. Mais en réalité, ce sera un canal en lit de rivière, puisque, par divers motifs, mais surtout par des motifs politiques, on n'entamera pas la rive, et que le canal sera formé de deux digues longitudinales, munies de deux sas d'écluses.

L'ensemble des travaux est évalué à 20 et quelques millions de francs.

Lorsque ces travaux seront exécutés, ils auront une grande importance économique et politique qu'on sait très bien apprécier en Autriche-Hongrie, ainsi que dans les Etats danubiens, Roumanie, Serbie, Bulgarie. Mais ce n'est pas ici le lieu d'insister sur cet ordre de considérations.

Je ne voudrais pas quitter le Danube sans vous dire quelques mots des travaux exécutés sur un de ses principaux affluents, la Tisza, affluent de gauche, qui se jette dans le Danube entre Peterwardein et Semlin, après avoir passé à Tokay et dans la région marécageuse où est la ville de Szegedin.

A partir de Tisza-Uylek, où elle commence à devenir navigable, cette rivière avait primitivement une longueur de 1,207 kilomètres, bien que sa vallée n'ait que 599 kilomètres à vol d'oiseau. Elle a donc de nombreux méandres. La différence de niveau de Tisza-Uylek à l'embouchure n'est que de 66 mètres, ce qui, sur le parcours total de la rivière, ne donnait que 55 $^{m}/_{m}$ de pente par mètre. Depuis 45 ans, on y a exécuté des travaux de coupure qui ont raccourci son parcours de 480 kilomètres. Les terres adjacentes ont été préservées de l'inondation ; deux millions d'hectares ont été rendus à l'agriculture : c'est un résultat considérable et, en réalité, c'était le but que l'on pousuivait. Mais la vitesse du débit s'est sensiblement accrue, la navigation à la remonte est devenue plus difficile, impossible en temps de crue ; ce sont les mêmes effets que je vous signalais déjà dans le Danube supérieur, à la suite de travaux du même genre.

Un éminent Ingénieur anglais, sir Ch. Hartley, dont le nom restera attaché aux grands travaux d'amélioration des Bouches du Danube, et qui connaît merveilleusement tout le bassin du grand fleuve — je pourrais dire également les bassins de tous les grands fleuves du continent, — sir Ch. Hartley va même jusqu'à attribuer la trop célèbre inondation de Szegedin aux travaux exécutés sur la Tisza et ses

affluents, travaux qui, en modifiant considérablement les vitesses naturelles de ces différents cours d'eau, ont permis aux crues d'arriver en coïncidence. Cette opinion a été formulée par sir Ch. Hartley, dans une conférence faite l'an dernier à Londres, sur les voies navigables de l'Europe, qui est pleine de faits instructifs. Elle vient d'être publiée en français.

Rapprochant ce que j'ai observé sur le Rhin — et dont je vous ai entretenus à notre dernière réunion — de ce que je viens de vous dire à propos du Danube, le rapprochant aussi des observations que provoquent les travaux d'amélioration dont presque tous les fleuves sont l'objet, j'en arrive à une conclusion que j'ai déjà eu l'occasion de formuler devant vous à propos de l'amélioration des embouchures, c'est qu'il n'y a pas de règle générale en fait d'amélioration de rivière et, comme le dit sir Charles Hartley, dans la brochure que je citais tout à l'heure, « chaque rivière doit être étudiée — en soi — *per se* — vu » qu'il n'est nullement prouvé qu'un système qui a donné des résultats » sur une rivière, doive en donner d'également bons sur une autre. »

J'arrive enfin à vous dire quelques mots du congrès de Vienne. Je le ferai brièvement et de façon à ne pas abuser de votre patience.

LE CONGRÈS

Le congrès de Vienne a eu une organisation très complète et — ce qui n'arrive pas dans tous les congrès — on y a travaillé, et sérieusement travaillé.

La commission d'organisation qui avait à sa tête le comte Kinsky, gouverneur de la Basse Autriche, avait préparé avec beaucoup de soin toute l'organisation matérielle. Le Président du Congrès, le docteur Rüss, député au Reichrath, l'un des hommes politiques en vue de la Cisleithanie, et aux hautes qualités duquel j'ai eu occasion de rendre hommage dans notre précédente séance, lui a donné une direction très utile et qui a abouti, je le crois, à des résultats.

Comme je vous le disais la dernière fois, les Français y étaient en petit nombre; 12 en tout, et tous avec un caractère plus ou moins officiel. Les autres membres se répartissaient ainsi au point de vue des nationalités :

Autriche-Hongrie 210, dont 12 délégués de diverses administrations publiques.

Allemagne 52, dont 4 délégués de diverses administrations publiques. Un seul Anglais, un seul Hollandais, 4 Russes, dont 2 délégués officiels : MM. Sytenko et Tscharmonsky, qui s'étaient déjà signalés l'an dernier à Bruxelles par des communications intéressantes et qui ont présenté des statistiques très complètes et très instructives de la navigation du vaste Empire du Nord.

Il y a aujourd'hui, en Allemagne, un grand mouvement en faveur des canaux; outre les Chambres de commerce, de nombreuses associations se sont formées de tous côtés pour étudier la construction de nouvelles voies navigables, l'amélioration des anciennes, tant au point de vue de la navigation qu'à celui des installations de ports. Ce sont ces associations qui s'étaient fait représenter au Congrès de Vienne en si grand nombre. C'est peut-être là un exemple qu'il eût été bon de suivre.

Les Allemands en sont encore à la phase de conception, il est à croire que peu des grandes voies navigables qu'ils veulent exécuter arriveront à la phase d'exécution. Mais en France, où la navigation intérieure tient une grande place dans les affaires du pays, ce serait peut-être une bonne chose que les Compagnies qui les exploitent, que les villes qui en profitent, se fassent représenter dans ces réunions où des choses qui les intéressent au plus haut point sont discutées et étudiées. Les Ingénieurs des Ponts et Chaussées qui ont représenté la France au Congrès de Vienne, sont les constructeurs des canaux : ils ont traité, avec une compétence indiscutable, les questions qui ont été soulevées; mais ceux qui exploitent les canaux auraient peut-être pu faire utilement entendre leur voix; car, en fin de compte, ce sont eux qui tirent parti des instruments que les premiers ne font que préparer.

Sans doute, les délibérations d'un Congrès de ce genre n'ont pas de sanction. Mais elles ne sont pas sans agir sur l'opinion.

Les Allemands l'ont bien senti; ils ont été assidus aux séances; un grand nombre de leurs journaux publiaient chaque jour des correspondances du Congrès. En somme, ils ont fait voter les résolutions qui importaient le plus à leurs projets futurs.

Il est temps que je vous fasse connaître ces résolutions :

Elles sont le résultat des délibérations du Congrès partagé en 4 sections distinctes.

La première section présidée par le docteur Reustch, de Berlin, était consultée sur l'importance économique des canaux.

Comme il était facile de le prévoir, la comparaison s'établit immédiatement entre les divers modes de transports : voies de navigation, voies ferrées. La doctrine exposée par notre éminent collègue, M. Nordling, dans un ouvrage dont il vous a entretenus l'an dernier et qui conclut à la supériorité économique absolue des chemins de fer a trouvé là d'ardents adversaires. Il est vrai que presque tous étaient des Ingénieurs de canaux, peut-être un peu enclins à prêcher pour leur saint. Peut-être la vérité est-elle entre les deux extrêmes : la question n'est peut-être pas susceptible d'une solution générale et, suivant les cas, la supériorité sera aux canaux, ou aux chemins de

fer, ou bien — ce qui arrive souvent — ils auront les uns et les autres leurs raisons d'être et de coexister.

M. Sympher, Ingénieur du gouvernement prussien, produisit une statistique très complète des prix de revient des divers modes de traction sur les chemins de fer et les canaux. Il donne un grand nombre de moyennes, qui me paraissent avoir été très correctement calculées en cherchant à éviter aussi bien les doubles emplois que les omissions.

Pour n'en citer qu'un exemple, M. Sympher donne, ainsi qu'il suit, le prix de revient comparatif par canaux et par chemin de fer entre Dortmund et Emden :

Sur canaux par halage	2 cent 62
Sur canaux par remorqueurs	2 17
Par chemin de fer.	2 60

Le docteur Al. Peez et M. L. Zelz de Vienne ont rédigé d'autres mémoires dans le même sens. Il serait trop long de les analyser. Mais ce sont des œuvres étudiées : la question est intéressante et je ne serai peut-être pas indiscret en exprimant le vœu qu'elle soit reprise devant vous par quelqu'un d'absolument compétent.

De son côté, M. Hirsch, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, rappela que, dans nombre de circonstances, la création d'un canal qui, à première vue, semblait devoir faire concurrence à un chemin de fer, avait au contraire pour résultat, en donnant un aliment nouveau à l'industrie et au commerce, de les mettre à même de fournir au chemin de fer un accroissement de transports ; il a cité, à ce sujet, l'exemple mémorable du canal de la Sarre, auquel la Compagnie de l'Est s'était opposé, et qui, une fois ouvert, eut pour résultat de faire tripler en peu de temps le trafic de l'embranchement de Frouard à Forbach. Quoi qu'il en soit, la première section du Congrès formula son avis dans le texte suivant, qui fut adopté par le Congrès :

« Le Congrès est d'avis que l'importance économique des voies navigables artificielles, en ce qui concerne avant tout l'échange des marchandises, est si considérable que, là même où existent des lignes de chemins de fer, et pour les compléter, il convient d'établir des voies navigables intérieures dans les régions convenables, en les munissant des moyens d'exploitation appropriés aux exigences du trafic moderne. Des avantages accessoires, particulièrement au point de vue du desséchement et de l'irrigation des terres, pourront souvent amener un concours efficace à la construction de ces voies.

» Pour pouvoir apprécier complètement la valeur économique des voies de navigation intérieure, il est bien désirable que la statistique en soit plus complète et conçue d'une manière plus pratique.

» Le Congrès propose qu'on vote cet ordre du jour pour le prochain Congrès international de la navigation intérieure. »

Le vœu relatif à une statistique plus complète, établie sur une base

et des méthodes uniformes, mérite d'être entendu. Permettez-moi de vous le recommander.

La deuxième section, présidée par M. Carlier, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, avait à se prononcer sur les dimensions normales minima qui pouvaient être assignées aux canaux à grand trafic. Les discussions y furent vives, approfondies et très animées. Les Ingénieurs français, s'appuyant sur la longue expérience faite en France, soutenaient que les dimensions actuelles de nos canaux, telles qu'elles ont été fixées par la loi du 5 août 1879, sont des minima suffisants pour un trafic même considérable.

Ces dimensions sont, comme vous savez :

Profondeur d'eau	2m, »
Largeur des écluses	5m,20
Longueur	38m,50
Hauteur libre sous les ponts	3m,70

Ils faisaient valoir qu'on avait pris pour type de bateau, le bateau ordinaire des canaux français — que, si on avait pris le bateau de rivière de 40 mètres de long et 6m,50 de large, la dépense de transformation de nos canaux eût été augmentée de 1 milliard. Ils ajoutaient que, dans le cas des canaux à point de partage, l'augmentation des dimensions actuelles pourrait souvent conduire à une véritable impossibilité, par suite des difficultés d'alimentation.

Cette doctrine fut soutenue dans un mémoire rédigé par M. Holz, Ingénieur en chef des canaux de l'Est; et que plusieurs d'entre vous se rappelleront sans doute avoir vu et entendu l'année dernière à Bruxelles.

En sens contraire, les Ingénieurs allemands, ayant à leur tête M. Schlichting, professeur à l'école spéciale de Charlottenbourg, près de Berlin, et M. Arnold, également professeur à Brunswick, dont l'éloquence entraînante et passionnée a servi efficacement sa cause, soutenaient que les canaux de l'avenir — ceux qui serviront de voie de navigation internationale — devaient avoir des dimensions beaucoup plus grandes. M. Schlichting a appuyé cette opinion de considérations théoriques réunies dans un mémoire qui dénote la science profonde du professeur, mais auquel fait peut-être un peu défaut l'expérience de l'ingénieur qui aurait été longtemps aux prises avec les difficultés de la pratique.

Je crois qu'au fond, les Allemands qui rêvent grand, qui veulent — ceux au moins qui étaient au Congrès — jeter en travers des grands fleuves de l'Allemagne un vaste réseau de canalisation, trouvaient — le patriotisme aidant — les canaux français bien petits pour la grande pensée allemande.

Quoi qu'il en soit, ils firent adopter par le Congrès la résolution suivante :

DEUXIÈME RÉSOLUTION.

Première proposition

Le Congrès propose pour les voies navigables artificielles de grand trafic les dimensions *minima* suivantes :

I.— *Canaux principaux*

1. *Rapport* entre la section mouillée du bateau (plongé de 1.75 *m*) et la section mouillée du canal . . . . 1 :4

2. *Profondeur d'eau normale* :

a) en voie courante. 2.00 *m*

b) sous les ponts, dans les aqueducs et souterrains à cuvette maçonnée . . . . 2.50 *m*

3. *Largeur de la cuvette* (mesurée au plafond) :

a) en voie courante et droite. . . . . 16.00 *m*

b) dans les courbes cette largeur doit être augmentée du double de la flèche de l'arc, dont la corde forme la plus grande longueur du bateau.

c) sous les ponts (à double voie). . . . . 16.00 *m*

d) dans les aqueducs et souterrains (à simple voie). . . . 7.50 *m*

4. *Hauteur libre* sous les ponts et dans les souterrains, mesurée au-dessus du plan d'eau . . . . 4.50 *m*

5. *Dimensions de l'écluse normale* :

a) profondeur d'eau au-dessus du busc. . . . . 2.50 *m*

b) largeur libre entre les bajoyers . . . . 7.00 *m*

c) longueur utile de l'écluse, mesurée entre la corde du mur de chute d'amont et l'origine de l'enclave des portes d'aval. 57.50 *m*

II. — *Rivières canalisées*

6. Les profits normaux et les dimensions des travaux d'art y afférents doivent présenter au moins les dimensions *minima* fixées pour les canaux principaux.

Deuxième proposition

Le Congrès exprime le vœu que les canaux *existants*, en contact direct avec les canaux des pays limitrophes, et qui présenteraient des dimensions *inférieures* à celles de ces canaux, soient *agrandis* le plus tôt possible. »

Je saisis cette occasion pour me montrer, une fois de plus, peu disposé aux règles théoriques, aux conclusions absolues : — dans certaines circonstances, comme, par exemple, pour le réseau transversal allemand — entre le Rhin, l'Elbe, — l'Oder, le Danube, les grands fleuves russes, — de pareilles dimensions sont peut-être justifiées. Si on les met en application, on verra sans doute qu'il en coûte fort cher. Mais si la dépense n'effraie pas, on en devra tirer des résultats considérables.

Aussi, bien que cette résolution ait été votée à un moment où les Allemands étaient, grâce à leurs habitudes disciplinées, en majorité dans la salle du Congrès. il n'y a pas lieu de la regretter. Il n'est pas mauvais que l'expérience des grands canaux soit faite : et il vaut peut-être mieux qu'elle soit faite chez eux que chez nous.

La troisième section qui avait à étudier l'organisation de l'exploitation des canaux émit la motion suivante qui fut adoptée :

TROISIÈME MOTION

« I. La section émet le vœu que les moyens de traction sur les canaux soient organisés uniformément, soit par l'État, soit par des entrepreneurs particuliers.

» Le halage libre devra être règlementé de manière à ne pas gêner l'exploitation du système de traction. Ce but sera atteint par un règlement de police de la navigation et par l'établissement de dispositions techniques appropriées, telles que des voies d'évitement, des ports de déchargement, de signaux optiques, etc.

» La section repousse l'établissement d'un monopole et la suppression de la liberté du halage : il ne devra être apporté de restriction à cette liberté que dans le cas où cette mesure sera nécessaire pour garantir la sécurité du service public de traction.

» Les dimensions des canaux seront fixées d'après ces considérations.

» II. Sur les fleuves, il ne paraît ni nécessaire ni même utile d'apporter aucune restriction à la liberté du remorquage actuellement existante. Il faut laisser circuler librement les remorqueurs et les chalands et laisser les tarifs de remorquage s'établir librement.

» III. Sur les fleuves, rivières canalisées et canaux : il paraît désirable qu'il s'établisse des associations de bateliers pour le transport des marchandises qui, par leur nature, ne s'expédient généralement pas à pleine charge et s'envoient cependant à de grandes distances. Les expéditions se feraient par ordre de priorité, au fur et à mesure de l'arrivée des marchandises au port d'embarquement.

» IV. La prospérité de la navigation intérieure exige un rapide développement des magasins et hangars. Dans la construction de ces magasins et greniers, il est indispensable de prendre les dispositiens nécessaires pour assurer le déchargement facile des marchandises par des moyens mécaniques, surtout en ce qui concerne les céréales.

» V. Le commerce des céréales en Europe peut se développer considérablement par l'extension de la navigation intérieure, la construction de magasins et l'introduction d'une classification uniforme des grains. Ces dispositions permettront à l'agriculture européenne de lutter plus avantageusement sur le marché continental.

» VI. L'établissement de ports de refuge publics, pour l'hiver, est une nécessité absolue pour la navigation fluviale. Dans les travaux de cor-

rection des fleuves, il convient de tenir compte de la nécessité d'établir ces ports de refuge et de tout disposer pour pouvoir les développer facilement, au fur et à mesure de l'extension successive de la navigation.

» Il convient de choisir l'emplacement de ces ports de refuge naturels de façon que l'entrée en soit toujours facile et qu'en outre ils puissent être ultérieurement transformés en ports de chargement si le besoin s'en fait sentir.

» VII. Les codes de commerce qui règlent actuellement la navigation intérieure sont insuffisants : il est indispensable de les compléter par une législation spéciale suffisamment développée. »

Quant à la quatrième section, on lui avait demandé de déterminer quand les canaux maritimes étaient utiles.

Par canaux maritimes on n'entendait pas parler des canaux creusés en travers d'un isthme, pour réunir deux mers. On voulait seulement parler des canaux destinés à mettre une ville de l'intérieur en communication avec la mer, de façon à ce qu'elle puisse recevoir directement des navires.

C'est, vous le savez, le vœu de beaucoup de villes, notamment en Belgique et en Allemagne. — Bruxelles port de mer, Bruges, port de mer, Brême, port de mer et Paris port de mer, lui-même, qui étaient représentés dans la section par des défenseurs ardents et convaincus, avaient intérêt à faire trancher la question dans un sens conforme à leurs affirmations.

En tête, se trouvait M. Gobert, l'un des promoteurs des Congrès de navigation et qui met à la défense du projet de Bruxelles, port de mer, une grande science et un dévouement passionné, de même qu'il est un organisateur dont l'obligeance a été appréciée de nous tous.

Mais c'est là une question d'espèce. Il est impossible de la soumettre à une règle générale et, après des discussions prolongées, intéressantes et stériles quant à l'objet en vue, il fut décidé que la question était mal posée et serait renvoyée à un prochain congrès.

Ce n'est pas la renvoyer aux Calendes grecques, car la ville de Francfort a invité le Congrès à se réunir chez elle dans deux ans, en 1888.

Indépendamment de ces discussions, le Congrès a pris connaissance d'un certain nombre de communications qui lui furent faites sur des sujets touchant à sa compétence.

Le général Türr, qui poursuit avec ardeur la construction d'un vaste réseau de canaux dans sa patrie, a fait distribuer des mémoires sur l'utilisation des cours d'eau de Hongrie, sur les inondations de la Tiza, et aussi sur le canal de Corinthe.

Les Ingénieurs français n'ont pas été avares non plus de communications intéressantes sur les travaux les plus récents exécutés dans notre pays.

Les plans et les publications relatifs à l'amélioration de la Seine,

la façon dont nos Ingénieurs assurent, dès aujourd'hui, à la partie inférieure de ce fleuve, un tirant d'eau minimum de 3 mètres ont particulièrement attiré l'attention.

Paris, port de mer, s'est produit sous forme d'une note remise par M. le baron de Cambourg, au nom de M. B. de la Grye, et de laquelle il résulterait que la dépense primitivement prévue serait notablement atténuée sans compromettre le résultat cherché.

M. Sympher a remis aussi une note sur le Nord-Ostsee Kanal qui doit permettre aux flottes allemandes de passer de la Baltique dans la mer du Nord sans avoir à défiler dans les détroits scandinaves. Je m'arrête, ne pouvant citer tout.

J'ai déjà, dans notre précédente réunion, payé devant vous ma dette de reconnaissance à tous ceux dont j'ai reçu, dans ce voyage, un accueil si empressé, si cordial.

Je n'y reviens pas, si ce n'est pour remercier encore une fois M. Honsell, M. Deutsch, M. de Goldschmidt, la Commission de régularisation du Danube, le Donau-Verein, la Grande Compagnie de navigation du Danube et son sympathique Inspecteur en chef, M. de Malnay, de l'obligeance avec laquelle ils m'ont fourni tous ces documents qui m'ont tant aidé à vous faire ce soir ma communication ;

A vous aussi, Messieurs, j'ai à adresser mes remerciements pour la bienveillante patience avec laquelle vous m'avez écouté.

Si j'ai pu vous intéresser à ce que j'ai vu, si j'ai pu vous donner envie de vous mêler en grand nombre à tous les congrès de ce genre qui intéressent notre profession, j'aurai atteint un résultat qui, je crois, ne sera pas inutile, et je m'en féliciterai. *(Applaudissements.)*

M. le Président dit qu'il tient à joindre ses applaudissements à ceux de l'assemblée pour remercier M. Fleury de sa remarquable communication.

Il ajoute qu'ayant habité Vienne pendant longtemps et ayant effectué la construction d'un pont sur la Tisza, il a assisté aux inondations de Szegedin, et a été assez heureux pour en reconnaître les causes ; l'inondation a été produite par l'exécution maladroite d'un projet de régularisation des eaux de cette rivière. Les travaux furent en effet commencés dans la partie haute, du côté de la source, et dans les affluents, en sorte qu'à l'époque des pluies, ces derniers qui ont un très grand développement, amenèrent dans la partie haute de la Tisza une quantité d'eau de beaucoup supérieure à celle qu'aurait pu débiter la partie basse, non encore régularisée ; il en est résulté une accumulation de ces eaux, une élévation considérable de leur niveau, et, partant, l'inondation terrible que tout le monde connaît.

Cette catastrophe doit servir d'exemple : elle prouve que les travaux de régularisation des fleuves doivent être commencés à l'embouchure et poursuivis en remontant vers la source.

L'ordre du jour appelle la discussion sur les voies entièrement métalliques; l'heure étant très avancée, et M. Cantagrel n'assistant pas à la séance, cette discussion est remise à une prochaine réunion de la Société.

M. Brochocki a la parole pour sa communication sur son système de ponts portatifs.

M. Brochocki expose que l'utilité des ponts démontables et d'un transport facile n'est plus à démontrer aujourd'hui.

Dans l'art de la guerre, ce type de ponts s'impose d'une manière absolue depuis que le parcours rapide des distances par les chemins de fer est entré dans les combinaisons de tous les États-Majors.

Dans le domaine du Génie civil, ces ponts sont indispensables à la création des voies de communication dans les Colonies, où l'on ne dispose ni de moyens mécaniques suffisants, ni d'ouvriers assez exercés pour monter des ponts métalliques fournis par la Métropole, ou des ponts en bois d'une construction toujours complexe.

Employés comme ponts de service pour la construction d'ouvrages d'art importants, ils présentent de grands avantages sur les échafaudages en bois dont l'établissement demande beaucoup de temps, et qui coûtent fort cher, les bois ayant servi à la construction d'un pont en bois pouvant rarement être réemployés à la construction d'un autre. Les ponts portatifs doivent donc figurer dans le matériel d'Entrepreneur de travaux publics.

Les études qu'a poursuivies M. Brochocki. tant dans les campagnes qu'il a faites en qualité d'Officier du génie que dans ses travaux d'Ingénieur civil, lui ont démontré qu'un pont portatif doit, pour être réellement pratique, remplir les conditions suivantes :

Le nombre des types de pièces entrant dans sa construction doit être aussi restreint que possible.

Toutes les pièces d'un même type doivent être rigoureusement semblables pour pouvoir être employées indistinctement et sans repérage préalable, dans les diverses positions qu'elles doivent occuper. Elles doivent, de plus, être rectilignes pour faciliter l'emballage, et présenter un poids assez faible pour être facilement maniables sans engins spéciaux.

Enfin, l'assemblage de toutes les pièces doit offrir la plus grande simplicité. M. Brochocki signale, à ce sujet, les graves inconvénients que présenterait un assemblage par boulons.

Ces diverses conditions sont réalisées dans le système de pont dont M. Brochocki présente à la Société un modèle réduit :

1° Les pièces qui le composent sont toutes rectilignes ; leur longueur est inférieure à $4^m,00$ et leur poids ne dépasse pas 150 kilogrammes ;

2° L'assemblage des diverses pièces s'effectue au moyen d'articulations ;

3° Les pièces principales sont de trois types différents seulement :

I° *La Poutrelle* destinée à composer les deux poutres de rive de la travée ;

II° *L'Entretoise* ou *traverse ;*

III° *Les Barres de contreventement.*

Ces trois types de pièces étant bien distincts, toute erreur, tout embarras dans le choix de l'emplacement d'une pièce deviennent impossibles.

Les deux poutres de rive de la travée de pont sont composées de triangles équilatéraux dont les côtés inclinés et les côtés horizontaux sont formés par des *poutrelles* toujours uniformes.

Les poutrelles sont toutes munies, à leurs deux extrémités, de douilles rivées dont le diamètre intérieur, constant, correspond au diamètre extérieur, également constant, des tourillons des traverses.

Les traverses, qui présentent une section semblable à celle des poutrelles, portent à leurs deux extrémités des tourillons en acier forgé qui s'engagent dans les douilles des poutrelles des poutres de rive ; ces assemblages sont complétés par des clavettes traversant les tourillons.

Les traverses sont contreventées par des croix de Saint-André formées de barres à crochets, attachées par un appareil de serrage.

Ainsi assemblée, la charpente affecte la forme d'une longue cage à section rectangulaire. La voie, selon les circonstances locales, peut être établie soit sur les traverses inférieures, soit sur les traverses supérieures.

On complète le tablier par la pose des longerons qui sont identiques aux poutrelles ; les traverses portent un dispositif très simple qui reçoit les douilles de ces longerons que des clavettes maintiennent en place.

La pose du plancher s'effectue à la manière ordinaire.

Il est évident que, n'ayant voulu adopter en principe qu'un seul type pour les poutrelles qui constituent les poutres de rive, il a fallu leur donner, à toutes, la section déterminée par le calcul appliqué à celles de ces poutrelles qui, dans le pont, se trouvent placées dans les conditions de résistance les plus défavorables ; ces dernières poutrelles sont celles qui occupent les milieux des membrures supérieures et inférieures des poutres.

De là résulte un excès de métal, inutile pour la résistance ; mais on acquiert à ce prix une telle facilité de montage que l'on doit passer sur cet inconvénient.

M. Brochocki indique la marche qu'il a suivie dans le calcul des

pièces composant son système de pont. Il explique qu'il a été conduit, en vue de donner à ces pièces une résistance à la compression suffisante, à choisir un profil en caisson présentant un moment d'inertie élevé, et composé, à cet effet, de deux fers en U réunis par deux fers plats. Les tourillons d'acier des traverses ont été calculés de manière à résister au cisaillement produit par les efforts de traction ou de compression des poutrelles obliques et horizontales constituant les poutres de rive.

Le système proposé par M. Brochocki permet de former des travées de pont de 36 mètres de portée, capables de supporter une surcharge de 675 kilogr. par mètre courant de voie de 3 mètres de largeur.

Le travail du métal par millimètre carré de section ne dépasse pas $9^{k},50$ dans les pièces principales, et atteint au maximum $8^{k},43$ dans les tourillons.

Le poids total de la partie métallique est de 13,776 kilogr. ; celui du platelage est de 5,040 kilogr.

Montage. — Le montage du pont s'effectue toujours sur une des rives de la rivière à franchir. On dispose à cet effet les traverses inférieures dans l'ordre et à la distance qu'elles doivent occuper, et on en réunit les tourillons par les douilles des poutrelles horizontales. On contrevente les cadres ainsi formés, et on pose les longerons.

On procède ensuite à l'élévation des deux poutres de rive en se servant de deux paires de chevalets à échelle : à cet effet, on élève à la hauteur nécessaire la traverse supérieure, et on la relie par des poutrelles inclinées avec les deux traverses inférieures correspondantes, ce qui forme le premier élément du pont.

Puis on déplace les chevalets et on fait le montage successif de tous les éléments. Au fur et à mesure que ce travail progresse, on relie les sommets des éléments par des poutrelles qui forment les membrures supérieures des poutres. Enfin on clavette tous les tourillons, et on contrevente horizontalement les traverses supérieures de la charpente.

Lancement. — La mise en place du pont s'opère par voie de lancement, soit sur des rouleaux, soit sur des galets placés sous les poutrelles inférieures. Pour éviter que celles-ci ne fléchissent, on les soutient, dans la partie centrale du pont, par des jambes de force en bois reposant, à une extrémité, au milieu des poutrelles inférieures, et buttant par l'autre extrémité aux sommets des triangles.

Pendant le lancement, le pont porte un arrière-bec, avec un contrepoids d'équilibre, constitué avec le même matériel que le pont.

On pourrait encore, dans le même but, installer sur la rive opposée

une chèvre avec treuil, dont les câbles soutiendraient l'avant-bec pendant le lancement.

La mise en place étant terminée, on pose le platelage, et on amarre aux rives les deux extrémités du pont.

M. Brochocki ajoute qu'il a, outre le *pont militaire* qu'il vient de décrire, projeté un *pont-route*, dont la construction doit s'effectuer suivant le même principe. Ce dernier pont ayant à supporter des charges plus considérables que le premier, présente un poids plus élevé : la partie métallique pèse 17,876 kilogr.

Enfin, M. Brochocki a également imaginé un type de *pont de chemin de fer* de 45 mètres de portée, construit à peu près de la même manière que les précédents, mais composé d'un plus grand nombre de pièces différentes en vue de réaliser une économie de métal. Cette augmentation du nombre des pièces différentes n'a pas d'inconvénient, le montage d'un pont de chemin de fer pouvant être fait par des ouvriers spéciaux, et sous la direction d'hommes compétents. Le poids de la partie métallique de ce pont est de 114,500 kilogrammes. *(Applaudissements.)*

M. le Président remercie M. Brochocki, dont la communication présente un grand intérêt tant au point de vue des travaux du génie civil que de ceux du génie militaire, et donne la parole à M. Brüll.

M. Brull présente à la Société la collection, depuis l'année 1880 inclusivement,. des publications de l'Institut égyptien, hommage de M. Vidal-Bey, premier secrétaire, au nom de l'Institut.

L'Institut égyptien a été fondé en 1859, pour continuer l'ancien Institut de Napoléon, par l'illustre Mariette qui, depuis dix années déjà, avait consacré son infatigable activité à fouiller les secrets de l'antique civilisation de la vallée du Nil. Mariette présida la Société jusqu'à sa mort en 1880. M. Maspéro, auquel fut confiée la continuation des recherches de Mariette en Egypte, fut appelé après lui à la présidence de l'Institut.

Notre compatriote M. Vidal, ancien élève de l'École polytechnique, licencié en mathématiques et docteur en droit, directeur de l'École de droit du Caire, est depuis plusieurs années le premier secrétaire et l'un des membres les plus dévoués et les plus actifs de l'Institut égyptien. Il y a 50 membres résidants, des membres correspondants et des membres honoraires.

L'Institut est placé sous la protection de Son Altesse le Khédive. Il s'occupe de questions très variées. On trouve dans les cinq années de ses publications qui sont offertes à la Société :

Des études d'archéologie, d'anthropologie et de numismatique, de l'histoire, des légendes et des contes populaires d'Egypte, des communications sur la linguistique et la pédagogie, des travaux de M. Vidal sur la législation et l'enseignement dans divers pays (Algérie, Inde

française, Cochinchine, Japon et Canada), une importante monographie de l'organisation de la propriété foncière en Égypte, des mémoires de mathématiques (M. Vidal), d'histoire naturelle, de médecine et d'hygiène publique, une communication de M. de Lamotte sur l'aménagement des eaux du Nil et même la description de quelques inventions industrielles telles qu'un avertisseur d'incendie et le dynamomètre de M. Raffard, membre de la Société des Ingénieurs Civils.

M. Brull espère que la Société accueillera avec faveur l'hommage de M. Vidal qui veut continuer à lui adresser les Bulletins de l'Institut Égyptien et qui nous fait espérer des lecteurs bienveillants pour nos travaux si le Comité jugeait à propos de les adresser, à titre d'échange, à l'Institut Égyptien. *(Applaudissements.)*

M. le Président remercie M. Brüll et dit que la Société sera heureuse de posséder les documents précieux offerts par l'Institut Égyptien.

La séance est levée à onze heures.

LES

VOIES ENTIÈREMENT MÉTALLIQUES

SUPERSTRUCTURE MÉTALLIQUE

Par M. Simon CANTAGREL

Historique. — Exposé des divers systèmes

Le Congrès international des chemins de fer tenu à Bruxelles en août 1885 s'est occupé des questions de superstructure métallique et a conclu en ces termes :

« Les voies sur traverses métalliques, considérées sous le point de vue technique, peuvent soutenir la concurrence des voies sur traverses en bois, aussi bien sur les lignes les plus fatiguées que sur celles qui le sont moins.

» Au point de vue financier, cette concurrence est encore possible, mais il y a lieu dans chaque cas particulier, de faire une comparaison entre les deux types de voie, en tenant compte du prix des matériaux, du coût de la main-d'œuvre d'entretien et de la durée probable de ces matériaux.

» Le résultat de la comparaison montrera à quel type de voie il faut se rallier ».

Nous avons voulu établir la base des comparaisons, non seulement entre les types de voie sur traverses en bois et de voie sur traverses métalliques, mais aussi entre les divers types de voies entièrement métalliques. Nous étions encouragé d'abord par

l'appel que notre cher président et cher maître, M. de Comberousse, adressait aux divers membres de la Société après le compte rendu fait par M. Auguste Moreau de la communication adressée par M. Post, et aussi par les circonstances. Nos relations personnelles avec M. James Forrest, le très sympathique secrétaire de la Société des Ingénieurs Civils de Londres, nous avaient permis de nous tenir au courant des communications adressées à cette Société relativement aux traverses ou longrines métalliques ; nous étions en outre, à ce moment, sous les ordres de M. Bricka, ingénieur en chef de la voie des chemins de fer de l'État, qui, chargé par M. le Ministre des Travaux publics d'une mission à l'Étranger pour l'Étude de la superstructure métallique, nous a permis de puiser largement dans les documents qu'il a réunis.

Enfin, notre vénérable président actuel, M. Hersent, à qui nous avions soumis le projet de notre communication, a bien voulu nous engager amicalement à en poursuivre la réalisation.

Ce travail est une compilation : c'est l'exposé aussi complet que possible des divers types de longrines ou traverses métalliques sérieusement mis à l'essai. Nous n'avons pas cru devoir citer ceux qui n'avaient fait l'objet d'aucune expérience suivie ou qui, dès l'origine, n'avaient pas donné de résultats satisfaisants.

Nous avons consulté, pour la rédaction de ce travail, les ouvrages suivants : *Bulletins de la Société des Ingénieurs Civils ;*

Revue Générale des Chemins de fer ;

Génie Civil ;

Iron Permanent way, par M. Ch. Wood, M. Inst. C.-E. ;

Iron and Steel permanent way, par M. Walter R. Browne, M. Inst. C.-E.

Steel permanent way, par M. Fr. W. Webb, M. Inst. C.-E.;

Société Belge des Ingénieurs et Industriels ; conférence de M. A. Flamache, Ingénieur aux chemins de fer de l'État belge , et de M. Sévérac, Ingénieur à Paris;

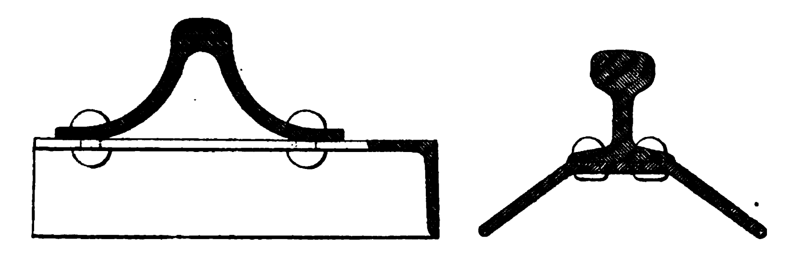
Mission pour l'étude des voies entièrement métalliques à l'étranger, rapport de M. Bricka, Ingénieur en chef de la voie des chemins de fer de l'État français.

LES LONGRINES MÉTALLIQUES

Description par ordre chronologique

(Voir les dessins Pl. 122).

Barlow. — Le premier essai de voies entièrement métalliques est dû à M. Barlow. Le rail Barlow est certainement le premier rail longrine qui ait été inventé. Tout le monde se rappelle quelle a été la vogue de ce système qui apparut pour la première fois en 1849.



Macdonnell. — Mais le rail Barlow formait un tout à lui seul et présentait cet inconvénient que l'usure du champignon entraînait le remplacement du rail entier.

M. Macdonnell, en 1853, eut le premier l'idée de séparer de la longrine le rail proprement dit, et il fit mettre en expériences sur la ligne du Bristol and Exeter Railway, la longrine qui porte son nom.

Cette longrine est essentiellement constituée par un porteur plan sur lequel repose le rail proprement dit par l'intermédiaire de fourrures en bois. Des boulons traversant à la fois les embases du rail, les fourrures et la longrine maintiennent les trois parties liées ensemble.

La longrine Macdonnell a rendu longtemps de grands services, elle en rend encore aujourd'hui. Depuis 33 ans la voie s'est bien

conduite, et les Ingénieurs chargés de l'entretien la trouvaient encore passable en 1881. C'est, croyons-nous, la plus longue expérience de voie entièrement métallique qu'il soit possible de citer. Cette voie, passable en 1881, alors qu'elle doit satisfaire à des conditions de vitesse et de trafic inconnues en 1853, aurait certainement pu être perfectionnée.

Quoi qu'il en soit, cette longue expérience a permis de se rendre exactement compte des qualités inhérentes aux divers systèmes de voies entièrement métalliques, qualités sur lesquelles nous reviendrons en détail et qui peuvent se résumer ainsi : Économie dans les dépenses d'entretien de la voie, économie de ballast ; plus grande douceur de roulement et, par suite, économie d'entretien du matériel roulant.

Nous trouvons, dans la communication faite à la Société des Ingénieurs civils de Londres par M. Charles Wood, les renseignements de prix suivants se rapportant à la longrine Macdonnell :

La voie sur traverses en bois exigeait en 1861 une dépense de premier établissement de 63,750 francs par kilomètre ; à la même époque on estimait à 43,750 francs par kilomètre le prix de la voie Macdonnell, et M. Wood, en prenant les prix des matières premières en 1881, arrivait à une dépense probable à cette époque de 30,600 francs par kilomètre.

HARTWICH.— Nous citerons pour mémoire un rail longrine composé, inventé en 1855, par M. Bridges Adams.

Ce système ne donna pas de résultats satisfaisants.

En 1865, les chemins de fer de la Prusse Rhénane mirent en expérience le rail Hartwich. Il est, en principe, constitué par un rail Vignole de grandes dimensions. Des tringles d'écartement maintiennent les deux files de rails à leur distance relative. Ces tringles sont fixées à l'âme du rail au moyen de deux boulons. L'âme est renforcée aux points d'attache par des platines en forme de coins permettant de donner au rail son inclinaison propre. Des éclisses très fortes, embrassant à la fois l'âme et le patin du rail, assurent la rigidité des joints.

Le type Hartwich fut longtemps en faveur (il existait, en 1870,

180 kilomètres de voie Hartwich). Il a été abandonné en partie (il existait, en 1880, seulement 16 kilomètres de voie Hartwich sur les lignes principales et 50 kilomètres sur les lignes secondaires). Actuellement la Direction des chemins de fer d'Alsace-Lorraine et la Bavière font reprendre avec le rail Hartwich de nouvelles expériences.

En Alsace-Lorraine, le rail a 180 $^m/_m$ de hauteur, le patin 120 $^m/_m$ de largeur. Les éclisses de joint sont fixées au moyen de deux rangées de boulons; elles ont 61 $^c/_m$ de longueur. Les tringles d'écartement sont en fer rond de 26 $^m/_m$. Elles sont espacées de 3 en 3 mètres. Les joints sont placés entre deux tringles plus rapprochées.

En Bavière, le rail a 15 $^c/_m$ de hauteur, le patin a 12 $^c/_m$ de largeur. Les éclisses de joint ont 50 $^c/_m$ de longueur et sont fixées par deux rangées de boulons. Pour renforcer le joint on a placé sous le rail une selle, de la même longueur que l'éclisse, fixée au patin par des boulons. L'écartement des rails est maintenu par des barres en fer plat distantes de $0^m,70$ au droit des joints et de $2^m,77$ dans la partie intermédiaire. Le rail pèse 29 kilogrammes par mètre; il a 9 mètres. Le mètre courant de voie complète pèse 67^k500.

Les dimensions que nous venons de donner pour ces deux types sont certainement très considérables, mais les difficultés du laminage ne permettront jamais de faire un patin suffisamment large pour assurer à la voie un bourrage satisfaisant. On admet en effet, et les ingénieurs de chemins de fer le savent bien, que l'on ne peut faire un bourrage convenable sous une dimension de moins de $0^m,20$ à $0^m,22$ de largeur.

Daelen. — En 1866, M. Scheffler inventa pour le chemin de fer de Brunswick un rail longrine composé de trois parties. L'idée principale de ce système est la réduction au seul champignon du rail employé. M. Daelen modifia un peu le type Scheffler en 1867 et il obtint un rail longrine assez résistant. Mais le prix élevé de la fabrication, l'attention soutenue que nécessitait le serrage constant des boulons, la difficulté qu'on éprouvait à employer ces longrines dans les courbes, parce qu'il fallait absolu-

ment cintrer les diverses pièces à chaud, sont des causes suffisantes pour expliquer le peu de succès de ce système.

HILF. — En 1867, M. Hilf, le premier, mit en service une longrine véritablement indépendante du rail. Le type Hilf est certainement, de tous, le système le plus usité en Allemagne, soit que l'on emploie la longrine Hilf primitive ou des longrines qui en dérivent.

La longrine primitive avait la forme d'un E couché, la nervure centrale ayant pour but de renforcer la table supérieure précisément sous le cours du rail. Mais on s'aperçut bientôt que cette nervure empêchait le bourrage régulier sous la longrine. On revint aussi à l'emploi de rails ordinaires au lieu de continuer à employer des rails de 26 kilogrammes comme on l'avait fait dans les premières expériences sur la ligne d'Ems à Wiesbaden.

Actuellement, en Alsace-Lorraine, le rail employé a $0^m,120$ de hauteur et pèse 28 kilogrammes par mètre. Les longrines ont $7^m,50$ de longueur; elles pèsent $29^k,3$ par mètre. Leur section présente une largeur de 30 $^c/_m$ pour 6 centimètres de hauteur. Comme nous l'avons indiqué, elles n'ont plus de nervure centrale.

Les joints des rails sont éclissés au moyen de fortes cornières de 15 $^m/_m$ d'épaisseur embrassant à la fois l'âme et le patin du rail. Les joints des longrines ne sont pas éclissés; ils sont uniquement maintenus par la continuité du rail.

Les rails sont fixés aux longrines au moyen de boulons et de crapauds.

L'entretoisement est assuré au moyen de fortes cornières pesant 13 kilogrammes par mètre, longues de $2^m,30$, et fixées au patin du rail dans l'espace compris entre deux longrines consécutives, et au moyen de tringles d'écartement en fer rond boulonnées dans l'âme du rail et distantes d'environ $3^m,75$ d'axe en axe.

TYPE RHÉNAN. — Les inconvénients reconnus de la longrine Hilf, inconvénients dont nous aurons occasion de parler plus loin, conduisirent les Ingénieurs des Chemins de fer Rhénans, aujourd'hui rattachés à la direction de Berlin, à étudier un type nouveau qui porte le nom de type Rhénan.

C'est, à proprement parler, une auge renversée dont les côtés

inclinés sont renforcés à leur extrémité par un bourrelet. Les dimensions de cette longrine sont les suivantes :

Largeur à la base.	0m,30;
Largeur de la table supérieure.	0m,20;
Hauteur.	0m,09;
Longueur	7m,50.

Le poids par mètre courant est de 36 kilogrammes.

Les rails employés pèsent 30 kilogrammes par mètre. Les systèmes de joints et d'attache des rails sont les mêmes que dans le type Hilf.

Les longrines sont éclissées au moyen de fortes plaques épousant à peu près la forme de la longrine et placées à l'intérieur. Ces éclisses sont fixées aux deux longrines consécutives au moyen des boulons mêmes qui servent à fixer le patin du rail; elles ont 0m,72 de longueur.

L'entretoisement est assuré au moyen de tringles en fer rond.

HOHENEGGER. — En 1876, les chemins de fer du Nord-Ouest de l'Autriche firent des essais avec une traverse inventée par M. Hohenegger. C'est, comme la précédente, un dérivé du type Hilf. Elle a 8m,975 de longueur, 0m,300 de largeur à la base, 0m,168 de largeur à la partie supérieure et 0m,075 de hauteur ; elle pèse 29k,2 par mètre.

Les rails pèsent 29k,87 par mètre. Ils sont fixés sur la longrine au moyen de boulons et de crapauds serrés sur le patin du rail et appuyés sur une nervure que porte la table supérieure.

Les rails sont éclissés au moyen de fortes éclisses, l'une à cornière posée à l'extérieur de la voie, l'autre de forme ordinaire.

Les joints des longrines sont assurés au moyen de fortes plaques de 0m,420 de longueur, épousant la forme intérieure des longrines. Ces plaques sont boulonnées d'une part sur un fer cornière servant à maintenir l'écartement normal de la voie, d'autre part sur les longrines au moyen des boulons d'attache du rail.

Les joints des rails et des longrines sont concordants.

Citons pour mémoire les essais faits par M. Heusinger de Waldegg, en Allemagne. Son système était original en ce qu'il supprimait toute espèce de boulons d'attache. Le rail était fixé

au moyen de coins serrés entre des mâchoires, placées sur la table supérieure, et le rail Barlow employé.

Signalons aussi le système très compliqué et très coûteux dû à M. Kirsch, expérimenté sur le Grand Central Belge.

Le système inventé par le Dr Winkler et mis un moment en service sur le Chemin de fer Rhénan se rapproche du type Hartwich. Il en diffère surtout en ce que le champignon du rail est mobile et peut être remplacé sans que l'on soit obligé de toucher au support.

HAARMANN. — Sur les chemins de fer de la rive droite du Rhin on emploie des longrines inventées par M. Haarmann. L'inventeur a composé un modèle tout différent des précédents.

La longrine a $0^m,320$ de largeur. Sur le renflement ou chapeau qui se trouve au milieu est ménagée une rainure dans laquelle vient se loger le patin du rail. Deux crampons passant dans des ouvertures ménagées dans la longrine s'appuient d'une part sur la partie intérieure de la table inférieure et d'autre part sur le patin du rail. Un boulon traversant les deux crampons assure le serrage et maintient le rail en place.

DE SERRES et BATTIG. — La longrine de Serres et Battig est une longrine composée dont le principe est le même que celui de la longrine Scheffler-Daelen dont nous avons déjà parlé. Elle date de 1877 ; elle fut mise en service sur les lignes du chemin de fer de l'État Autrichien ; il en existe encore quelques sections peu importantes.

Le programme que s'étaient imposé les inventeurs consistait : à séparer la partie qui s'use, — le champignon du rail, — de la partie qui ne s'use pas, et de la réduire à son minimum de poids ; à obtenir la continuité du rail tout en laissant à la dilatation le moyen de se produire ; à constituer un assemblage de pièces que la charge d'une roue tende à serrer au lieu de les disloquer ; à supprimer le petit matériel qui, dans les voies à longue durée, devient au bout d'un certain temps la cause déterminante des dislocations.

La longrine de Serres et Battig est composée de deux flasques qui, assemblées, présentent la forme d'un V renversé ; entre les joues de ces flasques vient se placer l'âme très courte (57 $^m/_m$) du rail ;

le champignon est supporté par les rebords ménagés aux extrémités des flasques. Les trois pièces sont assemblées au moyen de coussinets selles très robustes que l'on fait pénétrer dans des ouvertures ménagées dans les flasques. Pour les faire passer et pour introduire l'âme du rail, on redresse l'une des flasques ; le serrage se produit dès que les flasques ont repris leur position primitive. Plus le poids qui agit sur le champignon est fort, plus l'âme du rail est serrée entre les mâchoires supérieures. L'assemblage est consolidé au moyen d'un boulon.

Les joints des diverses flasques sont alternés entre eux et avec les joints des rails. Les flasques sont éclissées entre elles au moyen de plaques posées sous le rebord horizontal inférieur.

L'écartement de la voie est maintenu au moyen de barres d'entretoisement qui ne sont autre chose que le prolongement même des coussinets selles.

HAARMANN. — Le dernier type de longrine que nous connaissions est dû à M. Haarmann. C'est une transformation heureuse du type Hartwich.

Ce rail longrine est composé de deux parties symétriques dont l'une porte une nervure et l'autre une rainure correspondante, afin d'assurer la rectitude de l'assemblage. Chaque partie représente la moitié d'un rail Vignole ayant $0^m,20$ de hauteur et dont le patin a $0^m,30$ de largeur. Les joints des deux parties de rails sont alternés ; ils sont consolidés au moyen de fortes éclisses.

De fortes bandes de fer placées de champ forment l'entretoisement. Ce type nouveau est en essai depuis très peu de temps, sur quelques kilomètres seulement.

Avantages et inconvénients des longrines métalliques.

Théoriquement, la voie sur longrines paraît devoir être en tous points préférable à la voie sur traverses. En voici les raisons :

Le rail étant continuellement soutenu, les chocs n'existent pas et il en doit résulter une économie dans les frais d'entretien de la voie et une diminution dans l'usure du matériel roulant.

L'emploi des longrines doit donner aussi une économie sur les frais de premier établissement provenant de ce fait que la longueur de longrines correspondant au mètre courant de voie est de 2,00, tandis qu'il est difficile de descendre au-dessous d'une longueur de 2,50 de traverses. C'est là une cause d'économie importante à laquelle on doit ajouter cette autre que le poids par mètre courant d'un rail continuellement soutenu peut être diminué sans inconvénients.

Enfin, le moment d'inertie du rail et de la longrine, qui sont solidaires, est plus considérable que celui du rail, même renforcé, par rapport à son axe vertical ou à son axe horizontal.

Tous ces avantages sont plus apparents que réels, la pratique en a fait justice et a permis de reconnaître de nombreux inconvénients qui n'avaient pas été prévus.

L'économie des frais de premier établissement sur laquelle on comptait s'est trouvée de beaucoup diminuée par la nécessité d'employer des tringles d'entretoisement assez fortes pour maintenir à la voie son écartement normal et pour donner au rail l'inclinaison voulue. Malgré la force des entretoises employées, il est très difficile d'assurer parfaitement la rectitude de la voie sous ce rapport.

Dans le système Hilf, on tenta d'obvier à cet inconvénient en introduisant sous les joints des rails et des longrines des traverses de même section que la longrine. Mais alors les joints se trouvèrent être un peu trop rigides par rapport à l'élasticité générale de la voie qui s'incurvait en profil entre deux joints consécutifs. On constatait au milieu de ces espaces des flèches de 9 à 12 $^{m}/_{m}$ au passage des trains. Pour enlever de la rigidité aux joints on remplaça les traverses précédentes par des traverses formées d'un fer T ou d'une forte cornière. Les dénivellations diminuèrent, mais l'avantage économique des longrines disparut.

Le rail n'est pas réellement soutenu sur toute sa longueur par suite des inégalités du bourrage sous la longrine ; la condition de soutien continu du rail n'étant pas réalisée d'une façon absolue, il fallut bientôt revenir à l'emploi de rails lourds.

L'usure du matériel roulant est certainement moindre avec la voie sur longrines qu'avec la voie sur traverses en bois ; mais l'économie que l'on attendait de cette différence s'est trouvée bien

diminuée par l'effet des mouvements de lacet occasionnés sur la voie à longrines par le peu de rigidité de l'entretoisement.

Néanmoins des observations suivies, faites en Allemagne, ont permis de constater que les bandages des roues des machines circulant uniquement sur des voies sur longrines s'étaient usés trois fois moins que ceux des machines circulant uniquement sur des voies sur traverses.

La voie sur longrines, facile à poser en alignement droit, exige beaucoup de soins et d'attention pour la pose en courbe. Il faut alors ou bien courber la longrine au rayon voulu, opération qui ne peut bien se faire qu'à chaud et qui exige un matériel spécial, ou avoir des gabarits spéciaux de perçage des trous d'attache des rails pour chaque rayon employé. Il y a là un inconvénient considérable, soit qu'il faille entretenir à chaque section un matériel spécial coûteux et encombrant, ou qu'il soit nécessaire d'avoir en approvisionnement dans chaque dépôt un nombre important de longrines correspondant à chacune des courbes existant sur la section. Il faut ainsi 30 types différents de longrines Hilf pour assurer le service sur une section.

L'entretien courant de la voie sur longrines est assez difficile. Il exige en effet un bourrage régulier qu'il faut reprendre constamment, car il se maintient mal. En outre, lorsqu'il devient nécessaire de remplacer un rail ou une longrine cassés ou avariés, on se heurte à des difficultés très grandes par suite de l'obligation de faire ce remplacement entre le passage de deux trains, surtout si les joints des rails et des longrines ne concordent pas.

La voie sur longrines, par suite de son entretoisement peu rigide, est favorable aux déraillements. L'écartement de la voie s'augmente, le rail se redresse et au moment du dégel alors que la voie est le moins bien assise, les déraillements se produisent. Ils sont toujours plus graves que sur les voies à traverses. En effet, pour fortes que soient les tiges de connexion, elles ne sont pas assez résistantes pour supporter le poids d'un essieu. Elles se plient donc, et, attirant les deux files de rails l'une vers l'autre, elles contribuent à aggraver la déformation de la voie.

L'expérience a démontré en outre la nécessité absolue, pour la bonne tenue d'une voie sur longrines, d'un assainissement parfait de la plate-forme. Il est indispensablo que l'eau ne reste pas dans

le ballast parce qu'elle a tendance, surtout en pente, à suivre les files de longrines et qu'elle contribue ainsi à détruire la régularité si nécessaire du bourrage.

On fait en Allemagne des travaux d'assainissement considérables pour les voies à longrines. Nous citerons comme exemple ce que l'on fait sur les chemins de fer de l'Alsace-Lorraine où l'on emploie le rail Hartwich. Chaque file de rails est posée sur une pierrée longitudinale ; tous les cinq mètres les pierrées sont réunies par un drain transversal se déversant dans le fossé latéral. De pareils travaux d'assainissement augmentent dans de fortes proportions le coût d'établissement de la voie sur longrines.

LES CLOCHES MÉTALLIQUES.

(Voir les dessins Pl. 123.)

Il nous semble important de consacrer quelques mots aux cloches métalliques avant de passer aux traverses.

C'est à M. James Livesey qu'est due l'invention des premières cloches supports de voie. Peu usitées maintenant en Europe, elles trouvent, dans les Indes surtout, de nombreux partisans. Cette faveur tient principalement à ce que, les conditions de vitesse et de poids des trains étant très différentes dans les colonies de ce qu'elles sont en Europe, les cloches donnent de bons résultats et offrent cet avantage, pour le transport d'Angleterre aux Indes, que deux cloches pèsent moins qu'une traverse.

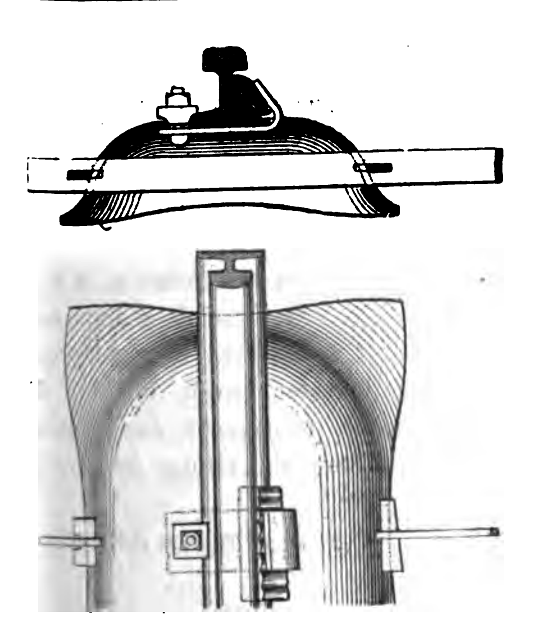
Dans ses premiers essais, M. James Livesey posait simplement le rail sur la cloche elle même ; il crut plus tard préférable de substituer à cette voie rigide une voie plus élastique et il interposa entre le rail et la cloche du bois, puis du caoutchouc et enfin même des ressorts. Les difficultés d'entretien qu'entraînait l'élasticité de la voie le firent bientôt renoncer à ces essais et il revint au type primitif un peu modifié.

Les cloches Livesey sont aujourd'hui en tôle d'acier emboutie.

Une mâchoire rivée sert à recevoir directement le patin du rail ; de l'autre côté le patin est maintenu en place par l'intermédiaire d'un crapaud serré par un boulon. Le petit matériel se trouve ainsi réduit au strict minimum.

Il est certain que pour certains chemins de fer indiens, tels que celui de Oude à Rohilkund, qui sont à voie large, de $1^m,65$ en moyenne, il y a dans l'emploi des cloches un réel avantage procuré par l'économie de la masse de métal supprimée. Mais les cloches, sans avoir tous les avantages des traverses, ont beaucoup des inconvénients que nous avons signalés pour les longrines.

D'ailleurs, au sein de la Société des Ingénieurs civils de Londres, où la question a été souvent et soigneusement étudiée, la plupart des Ingénieurs qui ont eu à poser ou à entretenir des voies sur cloches ont été d'avis qu'elles ne seraient pas satisfaisantes pour le lourd trafic et la grande vitesse des trains du Continent (1).



1. *Nota.* A la suite d'une observation faite pendant la séance du 2 juillet, nous croyons devoir substituer au dessin de la Pl. 2 le croquis ci-contre de la cloche Livesey, croquis représentant un modèle plus récent. Celui que nous avons donné représente le type des cloches employées sur le Great Eastern Railway. *(Note de l'auteur.)*

LES TRAVERSES MÉTALLIQUES

Description de divers systèmes.

(Voir les figures, pl. 123 et 124.)

Premiers essais. — Le premier essai de traverses métalliques est dû à M. Le Crenier (1860). Il employait comme traverse un fer en U de $2^m,40$ de longueur sur $0^m,25$ de largeur, se rapprochant autant que possible des dimensions de la traverse en bois. Cette traverse pesait 23 kil. 500. La voie, du type Vignole, était fixée sur la traverse au moyen de crampons boulonnés.

C'est du fer en U et du fer Zorès, comme on le verra dans la suite, que dérivent presque toutes les traverses que nous aurons à décrire. C'est d'ailleurs logique, attendu que ces formes, posées à plat, sont celles qui, à poids égal, donnent les plus grands moments d'inertie.

En 1862 les forges de Couillet, en Belgique, firent un essai analogue. Les traverses étaient plus lourdes (45 kil. environ) et des fourrures en bois étaient interposées sous le patin du rail. Des expériences furent tentées en Belgique, en France, en Espagne et au Portugal, mais sans grand succès.

Ces deux précédents essais s'appliquaient seulement à la voie Vignole. Une tentative de traverse pour voie à double champignon fut faite à la même époque par le Rév. Osborne Reynold. Pour assurer la fixité du coussinet, cet inventeur avait imaginé de fondre le coussinet sur la traverse et, ménageant dans celle-ci des ouvertures, de permettre à la fonte de refluer derrière la table supérieure.

La fabrication de ce type présentait de nombreuses difficultés ; il fut abandonné.

En 1863 M. Le Grand employait comme traverse un fer laminé ayant la forme d'une auge. Sur ce fer étaient rivés deux crampons placés à des distances bien vérifiées. On employait deux types de traverses. Pour l'un des types, les crampons étaient placés de façon à serrer les bords intérieurs des patins des deux

files de rails ; pour l'autre type, les crampons étaient destinés aux bords extérieurs des mêmes patins.

Pour effectuer la pose de voie on plaçait d'abord les rails sur les traverses à crampons extérieurs, puis entre deux de ces traverses on introduisait une traverse à crampons intérieurs. Au moyen d'une forte batte on frappait une des extrémités de la traverse jusqu'à ce qu'elle vînt en place.

Ce système très simple a été surtout employé pour les chemins de mine et les tramways. Pour les grandes lignes il présente un inconvénient majeur par ce fait qu'il oblige à démonter deux files de rails pour remplacer un seul rail avarié.

VAUTHERIN. — C'est en 1864 que M. Vautherin inventa la traverse qui porte son nom et qui a servi de point de départ à presque tous les inventeurs de traverses métalliques.

Les premiers essais faits sur les lignes du réseau du Nord et du Lyon n'ont pas donné d'excellents résultats. Néanmoins, la traverse Vautherin, un peu modifiée, est actuellement en service courant sur les chemins de fer d'Alsace-Lorraine, sur ceux du Main-Necker où on leur donne le nom de traverses type Rhénan, sur les chemins hollandais et belges et sur le réseau Algérien de la Compagnie de Lyon.

Nous allons en décrire quelques types.

Sur les chemins de fer d'Alsace-Lorraine les traverses employées ont la forme d'une auge renversée dont les côtés auraient été renforcés à leur partie extrême. Ces bourrelets de renforcement ont pour but de faciliter l'introduction de la traverse dans le ballast et d'opposer aux coups de batte à bourrer une résistance et une solidité suffisantes.

Le rail est simplement posé sur la traverse; il est fixé au moyen de deux crapauds serrés sur le patin par des boulons. Pour assurer au rail son inclinaison propre de 1/20, la traverse est courbée sur un gabarit de 1,000 mètres de rayon. L'éclissage des rails se fait à la manière ordinaire.

Aux chemins de fer du Main-Necker le type, dit Rhénan, employé, n'est autre que le type primitif de Vautherin. Au lieu d'être renforcés, les côtés de la traverse portent des parties horizontales formant tables inférieures. C'est un moyen d'augmenter le mo-

ment d'inertie de la traverse, mais c'est aussi un obstacle à la pénétration de la traverse dans le ballast et une gêne pour le bourrage.

Dans ce système le rail, reposant directement sur la traverse, est fixé au moyen de crapauds et de boulons de serrage.

L'inclinaison du rail est obtenue par un procédé qui porte le nom de Hósch Lichthammer et qui consiste à déformer par emboutissage la table supérieure de la traverse, de façon à ménager sous le patin du rail une portée inclinée à 1/20 sur l'horizontale. Cet emboutissage se fait avec d'autant moins d'inconvénient que l'on emploie actuellement pour la fabrication des traverses de l'acier très doux ou mieux du fer fondu (flusseisen).

Dès 1867, sur la ligne d'Alger à Oran qui fait partie du réseau Algérien de la Compagnie de Lyon, on expérimenta des traverses du type Vautherin primitif.

Nous empruntons à une note de M. de Mazières, ingénieur de la voie, les renseignements qui suivent sur l'état actuel des expériences sur la voie dont il a la direction.

Les traverses employées ont $2^m,400$ de longueur, $0^m,260$ de largeur à la base et $0^m,099$ de hauteur totale. La largeur de la table supérieure est variable ; elle est de $0^m,130$ pour les traverses de joint et de $0^m,080$ pour les traverses courantes. L'épaisseur de la table supérieure est de 7 $^m/_m$.

Le rail Vignole est du type P.-L.-M. Il est fixé à la traverse par le procédé primitif de Vautherin, c'est-à-dire par clavette et prisonniers. L'inclinaison du rail est obtenue par l'interposition d'une selle en forme de coin entre la traverse et le patin. Le plan de pose comporte une traverse par mètre courant de voie, en moyenne.

Le poids moyen de la traverse, à raison d'un dixième de joints, est de 35 kilogrammes environ.

Voici quels ont été les résultats de l'entretien pour une moyenne de 100,000 traverses posées depuis 17 ans :

L'ensemble des remplacements durant cette période a été de 3 1/2 0/0.

Actuellement on remplace 1/10 de traverses en bois chaque année, tandis que l'on ne remplace que 3/1000 des traverses en service depuis 17 ans. Par suite de cette inégalité de remplacement les traverses métalliques ont, à leur 15e année, compensé le

surcroît des frais de premier établissement; le surplus de leur durée est donc un bénéfice net acquis à l'entretien. M. de Mazières ajoute que, vu leur état actuel de conservation, les traverses métalliques en service sur la ligne d'Alger à Oran atteindront facilement 30 années de service.

Les causes de remplacement sont : les fentes dans la partie supérieure, aux angles, ou les fentes partant de l'extrémité de la traverse vers la portée du rail; ces fentes peuvent d'ailleurs être aussi bien attribuées à la qualité inférieure du métal employé ou à un bourrage insuffisant qu'à la fatigue supportée par la voie.

En résumé, les traverses métalliques se sont bien comportées pendant cette expérience de 17 à 18 années.

Il n'est pas sans intérêt, croyons-nous, de rappeler ici que des traverses Vautherin furent employées en 1867 sur le réseau de la Compagnie du Nord. L'expérience porta sur 5,000 traverses; elle parut défavorable au système. M. Boucher reprochait encore en 1881 à la traverse Vautherin le trop grand nombre de pièces qui constituent son système d'attache du rail et l'ancrage insuffisant de la traverse dans le ballast.

Berg et Marche. — La traverse type Berg et Marche, employée d'abord sur la ligne dont elle porte le nom, est actuellement en usage en Prusse sur les lignes de la Direction d'Elberfeld, en Allemagne, sur les chemins de fer Louis de Hesse, du Wurtemberg, du Grand-Duché de Bade, sur les lignes de la Suisse occidentale, du Simplon, du Saint-Gothard et du Nord-Est de la Suisse. C'est un dérivé de la traverse Vautherin. Elle a elle-même donné naissance à un autre système qui vous a été brillamment présenté et qui porte le nom de notre collègue M. Post.

Avant de décrire quelques-uns des systèmes employés sur les diverses lignes, nous emprunterons à un rapport de M. Jungbecker, inspecteur de la voie du chemin de fer Berg et Marche, quelques renseignements sur l'historique des essais faits par l'administration de cette ligne.

C'est en 1867 que furent commencés les premiers essais sérieux. On posa 664 traverses de $2^{m},20$ de longueur, pesant $28^{k},500$, espacées de $0^{m},63$ en moyenne, dans un ballast en sable bien drainé. Les rails étaient fixés à la traverse au moyen de clavettes et de

prisonniers. Pendant les trois premières années l'on n'eut qu'à se louer des résultats obtenus. La voie était bonne, le roulement doux, l'entretien aussi facile et pas plus coûteux que celui de la voie ordinaire; mais après ce temps, les trous ménagés dans les traverses pour les attaches du rail s'élargirent, des fentes se produisirent et l'on abandonna l'expérience.

En 1874, un nouvel essai plus important fut tenté dans la vallée de la Ruhr. On posa 25,000 traverses, semblables aux précédentes mais plus fortes, dans un ballast médiocre formé de silex de la Ruhr mélangé d'argile, sur une pente de 5 en courbe de 400 mètres de rayon.

Dès la première année, malgré les soins donnés à la fabrication des attaches, on eut à constater les surélargissements des trous.

Les premières traverses affectaient une forme analogue à celle des traverses Vautherin; une observation raisonnée de la façon dont se conduisait le ballast contenu dans la traverse amena les ingénieurs au profil actuel. De plus, les traverses primitives étant ouvertes à leurs extrémités, on reconnut l'intérêt qu'il y aurait à les fermer.

Enfin, aujourd'hui, grâce à l'emploi de l'acier doux, on est arrivé à éviter presque complètement les surélargissements des trous et à assurer la rigidité des attaches.

La traverse actuellement employée sur la Direction d'Elberfeld, Louis de Hesse, et du Grand-Duché de Bade est constituée par une traverse Vautherin dont on aurait rabattu verticalement les côtés sur un tiers environ de leur longueur. Seuls les systèmes d'attache employés différencient ces trois réseaux.

En Prusse le rail est fixé au moyen de prisonniers passés dans des ouvertures ménagées sur la table supérieure de la traverse et serrés au moyen de clavettes. C'est le procédé primitif d'attache du système Berg et Marche. Très simple et peu coûteux, il est vrai, ce procédé offre peu de solidité et cède trop facilement sous l'influence répétée des vibrations dues au passage des trains. Il exige une surveillance constante.

Dans le type employé sur les chemins de fer Louis de Hesse le rail est fixé à la traverse au moyen de crapauds serrés contre le patin par des boulons. Il en est de même sur les chemins de fer du Grand-Duché de Bade; mais dans le premier cas, c'est au

moyen d'une portée excentrée du boulon que l'on peut augmenter ou diminuer l'écartement des deux files de rails, tandis que dans le second cas on se sert pour le même objet d'une platine spéciale.

La forme de la traverse Berg et Marche, bien qu'elle présente un moment d'inertie moins considérable que la traverse Vautherin, a le grand avantage que, grâce à ses côtés verticaux, l'immersion de la traverse dans le ballast est plus facile et plus régulière.

Les Ingénieurs des lignes du Wurtemberg ont profité de l'expérience faite sur les lignes de la direction d'Alsace-Lorraine avec la traverse Vautherin, et le type qu'ils emploient tient de cette traverse par la forme des côtés et le renforcement de la partie qui doit pénétrer la première dans le ballast et de la traverse Berg et Marche par le renforcement de la table supérieure et le mode d'attaches.

Dans tous les systèmes que nous venons de décrire l'inclinaison propre du rail est obtenue, soit en courbant la traverse dans son centre, soit en coudant légèrement les deux extrémités.

Les Ingénieurs de la Compagnie des chemins de fer hollandais se servent, avec la traverse Vautherin, d'un autre procédé pour obtenir le même résultat : ils interposent un coin d'inclinaison entre le patin du rail et la traverse. Le rail et le coin sont maintenus serrés l'un contre l'autre et fixés à la traverse au moyen de crapauds et de boulons.

HAARMANN. — En suivant l'ordre chronologique, nous arrivons maintenant à la traverse Haarmann en service sur les lignes des deux rives du Rhin et quelques lignes d'Alsace-Lorraine.

La section de cette traverse est toute différente de celles que nous venons de décrire ; elle se rapproche beaucoup du profil de la longrine Haarmann dont nous avons parlé plus haut. Elle présente un moment d'inertie assez considérable.

Sur les lignes des deux rives du Rhin, le rail est fixé à la traverse au moyen de boulons et de crapauds. Les traverses diffèrent sur ces lignes par le procédé employé pour donner au rail l'inclinaison de 1/20. Sur la rive droite du Rhin on emploie le procédé Hösch Lichthammer; sur la rive gauche on coude les extrémités de la traverse.

En Alsace-Lorraine la traverse Haarmann en service diffère

absolument des précédentes, tant par le système d'attache que par le procédé d'inclinaison du rail.

Un coin portant un appendice en forme de S est fixé sur la traverse. L'une des branches de l' S embrasse le patin du rail. Un boulon maintient un crapaud serré à l'intérieur de la voie sur le patin du rail et assure à lui seul l'attache.

On reproche à la traverse Haarmann la difficulté qu'il y a à bourrer le ballast dans la partie supérieure du chapeau. La traverse Haarmann repose surtout sur sa base inférieure au lieu de prendre son appui, comme dans le type Vautherin et ses dérivés, sur la table supérieure. Le noyau de ballast contenu dans la traverse joue ici un rôle secondaire ; aussi s'est-on vu obligé, pour assurer à la traverse un ancrage satisfaisant, de faire descendre au-dessous des tables inférieures les plaques fermant les extrémités.

Wood. — M. Wood, membre de la Société des Ingénieurs Civils de Londres, a présenté son système devant cette Société dans une communication à laquelle j'ai emprunté un certain nombre d'indications et de renseignements. Il a été guidé surtout par le désir de réduire au strict minimum le petit matériel de voie. Il a donné à sa traverse le profil de Vautherin avec un peu moins d'empattement ; le rail est fixé sur cette traverse au moyen d'une pièce d'acier, nommée crampon-coussinet, et d'un coin en bois. Ce crampon-coussinet a, à peu près, la forme d'un fer à cheval. D'un côté il serre le patin du rail contre la traverse; de l'autre servant de coussinet, il reçoit un coin en bois enfoncé entre la mâchoire d'acier et l'âme du rail.

Dans la fabrication on emploie pour la traverse de l'acier doux et le meilleur acier possible pour les crampons-coussinets. Ces derniers sont fabriqués avec des barres d'acier laminées et estampées ensuite. Leur grande élasticité leur permet de suivre la dilatation du coin en bois ou sa contraction et d'assurer le serrage à toute température.

Pour donner au rail son inclinaison, il suffit de courber la traverse comme dans le type Berg et Marche.

Les traverses Wood, mises en service à Middlesbrough, sur le

North Eastern Railway, ont $2^m,59$ de longueur, $0^m,28$ de largeur et $0^m,010$ d'épaisseur sans renforcements.

Les crampons-coussinets ont $0^m,057$ de largeur, la partie de la mâchoire contre laquelle bute le patin du rail a $0^m,013$ d'épaisseur.

M. Wood, dans sa notice, signale que depuis l'époque où ses traverses sont en service, on a remplacé les rails primitifs par des rails d'acier en conservant non seulement les crampons-coussinets, mais aussi presque tous les coins en service.

Livesey. — M. Livesey a adopté pour certains chemins de fer des colonies anglaises une forme de traverse qui se rapproche beaucoup de la forme des cloches Livesey dont nous avons eu occasion de parler.

Ces traverses faites d'une tôle d'acier emboutie portent, rivetés, un crampon de buttée à l'extérieur de la voie et un crampon de maintien à l'intérieur. Un coin en fer strié, introduit entre le crampon de maintien et le patin du rail, assure la fixité de l'attache.

Webb. — La traverse Webb est une des rares traverses pour le rail à double champignon. Récemment inventée, elle est en service sur le London and North Western Railway.

Le profil propre de la traverse Webb dérive du profil Vautherin avec un peu moins d'empattement. La table supérieure de la traverse porte un coussinet en trois pièces rivées. L'une sert de selle ou de portée pour le champignon inférieur dont elle embrasse une partie ; l'autre sert d'appui latéral et embrasse une partie du champignon inférieur et de l'âme du rail ; la troisième sert de mâchoire et elle est destinée à recevoir le coin de serrage.

Les pièces du coussinet sont fabriquées à l'étampe avec des déchets d'acier. On donne à la selle une épaisseur de 7 $^m/_m$ et une épaisseur de 12 $^m/_m$ aux pièces latérales. Pour assurer la solidarité entre le coin et la mâchoire, M. Weeb a imaginé de réserver dans cette mâchoire une gouttière dans laquelle vient se loger le bois du coin fortement comprimé. Il se produit ainsi sur le coin une nervure qui empêche tout mouvement de déplacement.

M. Webb, directeur des usines de Crewe, dépendance du L. and N.-W. Ry, fabrique lui-même ses traverses. Elles sont obtenues par le passage, dans un laminoir à trois cylindres, d'un lingot d'acier Bessemer de 0m,0065 de section. Chaque lingot fournit une barre de 18 à 20 mètres de longueur, que l'on coupe à la dimension voulue.

On reprend les chutes de ces barres pour les laminer et les étamper à chaud à la forme des diverses pièces du coussinet.

Les traverses sont percées à chaud à la presse hydraulique, les trous d'une même portée de coussinet étant percés ensemble d'un seul coup pour assurer la constance de leur écartement et la superposition exacte des trous lors du rivetage.

Les pièces du coussinet sont aussi percées à chaud et remises dans la matrice d'étampage où on leur donne un dernier coup pour finissage.

Les poinçons de perçage sont coniques et les trous sont percés de telle sorte que les parties de plus petit diamètre soient en contact. De cette façon la rivure est plus serrée et risque moins de bouger.

C'est en mai 1880 que la Compagnie du L. and N. W. Ry. a commencé les essais. Il y avait en mars 1885, 32,174 traverses en expérience sur une voie où passent 24 express par jour dont quelques-uns, en marche réelle, atteignent une vitesse de 100 kilomètres à l'heure. Les traverses ont très bien résisté à ce service ; dans les premiers temps on a constaté un certain nombre de cassures au droit des trous de rivets, mais on attribue ces accidents à ce fait, que les traverses primitives étaient faites avec de l'acier Bessemer, obtenu par le procédé acide ; aujourd'hui on emploie l'acier obtenu par le procédé Thomas et Gilchrist ; il est mieux déphosphoré et plus doux et on n'observe plus de cassures.

La traverse Webb, d'après une note émanant de l'inventeur, pèse :

Traverse de 2m75 de longueur . . .	56k,300
2 Coussinets.	12 ,700
Rivets.	2 ,300
2 Selles	6 ,800
2 Coins en bois.	0 ,900
Total.	79k,000

Le poids des traverses en bois en usage sur le L. and N. W. Ry est, tout armées, de 110 kil. Il y a donc économie de poids, ce qui est à considérer lorsqu'il y a lieu de transporter le matériel de voie à longue distance.

M. Webb affirme que la traverse métallique, armée, revient à 12 fr. 50, sur lesquels il compte 0 fr. 62 pour la main-d'œuvre, tandis que la traverse ordinaire en bois, armée, revient à la somme de 10 fr. 54 ainsi décomposée :

Traverse	5 fr.	04
2 Coussinets.	3	80
Petit matériel	1	70
Total. . . .	10 fr.	54

Heindl. — La traverse récemment étudiée par M. Heindl, Ingénieur des chemins de fer autrichiens, ne constitue pas un type original, car c'est un dérivé du type Berg et Marche, mais elle est caractérisée par ce fait que l'économie y est franchement sacrifiée à la stabilité. C'est une traverse lourde.

La traverse Heindl est en expérience sur les chemins de fer de l'État de Bavière, sur les chemins de fer de l'État d'Autriche et notamment dans le tunnel de l'Arlberg.

Les traverses employées ne diffèrent entre elles que par leurs cotes et leurs poids. Nous donnons le dessin de celle qui est en service en Autriche. Elle a $0^m,260$ de largeur à la base, $0^m,150$ de largeur à la table supérieure, $0^m,100$ de hauteur et $2^m,400$ de longueur. La table supérieure a 10 $^m/_m$ d'épaisseur sans renforcements. La traverse pèse 72 kilos.

L'inclinaison du rail est obtenue au moyen d'une selle de forme très simple. La selle et le patin du rail sont fixés ensemble à la traverse au moyen de crapauds s'appuyant à la fois sur le patin du rail et sur la selle. Ces crapauds pénètrent dans des encoches pratiquées dans la selle. On reproche à la traverse Heindl la complication des attaches et l'emploi de pièces lourdes et nombreuses (7 kil. par traverse).

Post. — Notre collègue M. Post, Ingénieur des chemins de fer de l'État Néerlandais, a imaginé un type de traverse dont il a donné la description à la Société des Ingénieurs Civils. Nous ne

pouvons mieux faire que d'emprunter au Bulletin de la Société les renseignements sur la traverse Post.

Elle dérive du type Berg et Marche avec cette différence que les angles en sont arrondis et que les arêtes inférieures ont été renforcées au moyen de bourrelets.

La caractéristique du système Post, c'est le procédé employé pour donner au rail son inclinaison de 1/20. M. Post ayant remarqué que les incurvations ou les coudages des traverses donnaient au ballast une propension à fuir sur les côtés, chercha à supprimer cet inconvénient, non seulement par la fermeture des bouts des traverses, mais aussi en évitant les incurvations ou les coudages.

Une disposition spéciale des trains de laminoirs de l'usine de Hörde, qui fabrique les traverses Post, a permis de donner à la table supérieure de la traverse un profil brisé à épaisseurs variables. C'est par un autre moyen, réaliser l'effet obtenu par le procédé Hösch Lichthammer, mais avec cet avantage considérable que l'on évite un affaiblissement de la table supérieure à l'endroit où porte le rail et que l'on donne, au contraire, en ce point, une épaisseur maximum. L'épaisseur de la table, de 6 à 7 $^m/_m$ au milieu, atteint 9 $^m/_m$ sous le patin du rail.

La traverse a $2^m,55$ à $2^m,60$ de longueur, $0^m,215$ de largeur à la base, $0^m,16$ de largeur à la table supérieure, et sa hauteur varie de $0^m,064$ à $0^m,083$.

Le rail est fixé à la traverse au moyen d'un crapaud et d'un boulon portant un carré excentré. Il est donc aisé, par la façon dont le boulon est placé dans les lumières ménagées dans la table supérieure de la traverse, de faire varier l'écartement de la voie.

La traverse Post pèse 50 kilos. Il a été posé déjà 70,000 traverses de ce type sur les chemins de fer de l'État Néerlandais ; il doit en être posé en ce moment 25 à 30,000 nouvelles.

Le Bulletin de la Société d'avril 1885 contient sur la traverse Post une communication de l'inventeur à laquelle nous renvoyons pour plus amples détails.

Les quelques types qu'il nous reste à décrire sont d'invention trop récente pour être consacrés par l'expérience. Ils méritent néanmoins d'être décrits parce qu'ils dénotent l'accentuation d'un

mouvement favorable aux traverses métalliques en France et aussi parce que leurs inventeurs ont cherché une forme nouvelle s'écartant des formes d'auge renversée que nous venons de vous présenter.

Est Français. — La Compagnie des Chemins de fer de l'Est vient de mettre en expérience une traverse formée d'un fer en U dont les ailes sont renforcées et qui est placé sur le dos, à plat. Pour éviter les mouvements latéraux, les extrémités de la traverse sont recourbées vers le bas.

Le rail repose sur la traverse par l'intermédiaire d'un bloc de bois comprimé ; les ailes du fer à U sont entaillées pour laisser au patin du rail son passage. C'est là un inconvénient de ce système ; cette disposition enlève précisément à la traverse au point le plus fatigué une masse de métal, c'est-à-dire une partie de la valeur du moment d'inertie.

Il est regrettable aussi que dans ce système il faille interposer une pièce de bois ; cette interposition ne paraît d'ailleurs pas indispensable, étant donnés les systèmes d'attache très satisfaisants déjà connus.

Sévérac. — La Compagnie du Nord a mis à l'essai une traverse inventée par M. Sévérac. Cette traverse est formée par un fer double T sur la semelle inférieure duquel est rivée une plate-bande trois fois plus large que la semelle. Cette plate-bande est relevée verticalement aux extrémités de la traverse, de façon à opposer une résistance aux déplacements latéraux.

Le rail repose sur la semelle supérieure par l'intermédiaire d'une selle rivée sur cette semelle. La selle porte deux gorges dans lesquelles s'engage le patin du rail. L'attache est constituée par un coin serré entre l'une des gorges et le patin du rail.

La traverse est entièrement noyée dans le ballast.

Bernard. — M. Bernard, Ingénieur de la Compagnie du Nord, a imaginé une traverse qui est en expérience sur la ligne du Luxembourg belge.

La traverse Bernard est constituée par deux fers en U placés verticalement et reliés entre eux, sur 2/5 environ de leur longueur, par une tôle qui sert de base.

A la partie supérieure est placée une selle reposant à la fois sur les deux fers et destinée à recevoir le rail.

Le rail est fixé sur la selle au moyen de crapauds serrés par les boulons mêmes qui attachent la selle sur les fers en U.

Les bouts de la traverse sont fermés.

La traverse Bernard pèse 98 kil. ; mais comme elle offre au rail deux points d'appui, écartés de 27 centimètres environ, on pourrait diminuer d'un tiers le nombre de traverses par rail.

Paulet et Lavalette. — Les chemins de fer de l'État Français ont mis en expérience sur une certaine longueur de la ligne de Tours à Niort des traverses inventées par MM. Paulet et Lavalette.

Ces traverses sont formées de deux cornières jumelées entre lesquelles sont rivés les coussinets en fonte destinés à recevoir le rail double champignon.

Les traverses sont de deux types, simples ou doubles. Dans les traverses simples, les cornières jumelées se suivent sur toute la longueur de la traverse; les traverses doubles constituent un cadre dont chaque côté est formé d'une cornière, sauf aux points d'appui du rail où les deux cornières voisines sont jumelées.

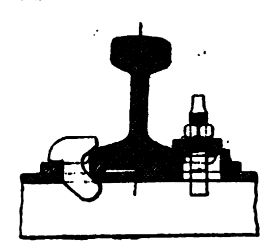
Les traverses pèsent :

Simples 75 kil.
Doubles 136 —

La traverse de joint, c'est-à-dire le cadre au milieu duquel se trouve le joint en porte-à-faux, pèse seulement 131 kil. 500.

Ces traverses se sont bien comportées jusqu'ici.

N. B. — Nous devons ici réparer une omission faite. Nous n'avions pas signalé les essais tentés de 1864 à 1878 par la Compagnie du chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée. Ces essais portèrent sur quatre types : Menans, P. L. M. A., P. L. M. B et Brunon.



Le type Menans, qui se rapproche beaucoup du type P. L. M. A. dont nous donnons ci-joint un croquis, fut essayé sur 800 mètres de longueur entre Byans et Torpes. Nous n'avons pas de renseignements sur les résultats de cet essai qui dura de 1864 à 1872.

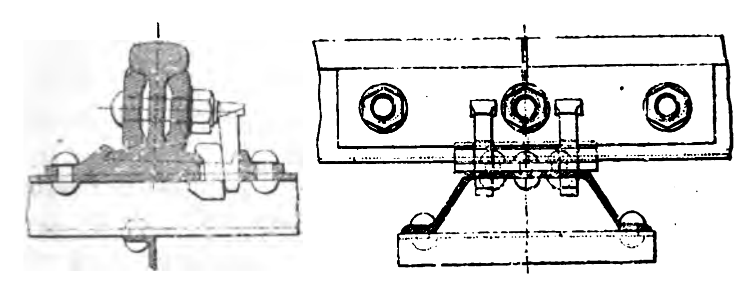
Le type P. L. M. A. fut essayé de 1867 à 1869 entre Maisons-Alfort et Villeneuve Saint-

Questions annexes.

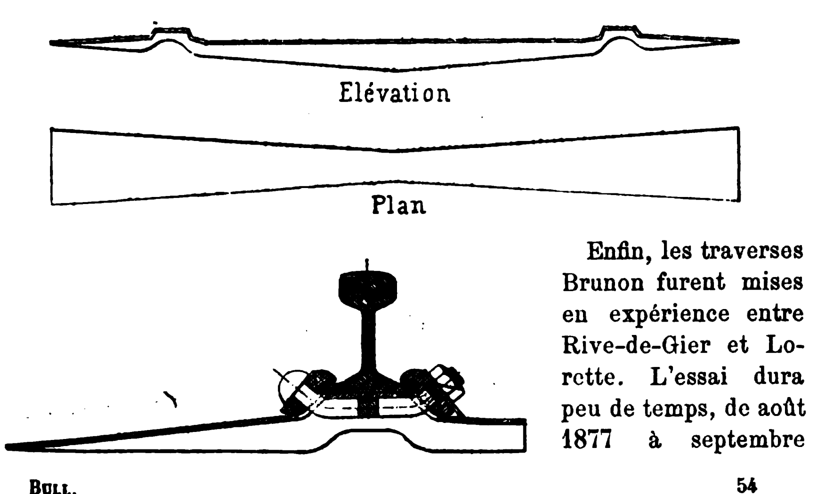
Avant de terminer, il y a quelques points spéciaux sur lesquels nous voulons appeler rapidement l'attention.

BALLAST. — La qualité du ballast n'est pas indifférente à la bonne tenue de la voie.

Georges et entre Malains et Velars. Les résultats ne furent pas satisfaisants. Les attaches prenaient du jeu, les traverses se fendaient dans l'angle au droit des rivets d'attache de la selle et les traverses de joint se cassaient au-dessus de la cornière figurée sur le croquis et destinée à donner de la tenue à la traverse..



Les traverses du type P. L. M. B., qui ne diffèrent des précédents que par le système des attaches du rail, furent essayées sur la ligne de Grasse. Cet essai dura huit à dix mois, de 1871 à 1872. Les résultats ne furent pas favorables : les traverses péchaient par manque de rigidité des attaches.



Enfin, les traverses Brunon furent mises en expérience entre Rive-de-Gier et Lorette. L'essai dura peu de temps, de août 1877 à septembre

On reconnut en Angleterre, par des essais comparatifs faits avec une voie Macdonnell posée partie sur pierre cassée, partie sur gravier, que la voie se tenait mieux et était plus facile à entretenir avec le ballast en pierre cassée.

On employa plus tard, avec la traverse Webb, un ballast composé de mâchefer et de cendres de houille. La voie s'y tenait bien, mais on dut renoncer à ce ballast : les traverses qui pesaient 82 kil. avaient, en trois ans, perdu 18 kil. par suite de l'oxydation due à l'action de l'humidité sur les matières riches en sulfures qui servaient de ballast.

On emploie en Belgique, concurremment avec de la pierre cassée, des scories de haut fourneau cassées à l'anneau de $0^m,05$. Dans l'origine, pour rendre la surface du ballast plus unie, on répandait les parties les plus fines à la superficie. Mais la poussière soulevée au passage des trains s'introduisait dans les coussinets et causait des accidents fréquents. On renonça à employer les parties fines.

M. Jungbecker, que nous avons déjà cité, estime que le ballast qui a donné les meilleurs résultats, sur la ligne de Berg et Marche, est la pierre cassée à l'anneau de 3 ou de 4 $^c/_m$. Le gros gravier et les cailloux roulés de grès ou de quartz sont bons aussi; il faut se dispenser d'employer des débris schisteux ou argileux.

La condition primordiale de toute superstructure métallique, c'est d'avoir un ballast bien drainé et bien asséché. Sur les chemins de fer allemands on prescrit à cet effet que les gelées ne doivent pas atteindre le niveau des eaux et par conséquent qu'il faut avoir un ballast complètement perméable et placer aussi bas que possible l'horizon d'écoulement des eaux.

En Hollande on emploie beaucoup le sable de carrière. Le sable de rivière est trop fin et trop divisé. Mais on emploie de préférence,

---

1878, par suite de nombreuses ruptures qui se manifestèrent sous la portée du rail. Nous donnons, ci-joint, un croquis de la traverse et des attaches du rail.

Nous croyons savoir qu'il existe cependant, actuellement encore, une douzaine de traverses Brunon, en acier trempé ou consolidées par des frettes d'acier, à la sortie de Paris, près des fortifications.

(Note de l'auteur.)

partout où cela est possible, la pierre cassée et aussi les scories de haut fourneau.

On voit en résumé que, de l'avis général, le meilleur ballast pour la superstructure métallique, c'est la pierre cassée. Le gros sable ou le gravier peuvent aussi donner de bons résultats, mais à la condition d'assainir le ballast par des drainages soignés.

Éclissage. — Dans une voie entièrement métallique, il est indispensable d'avoir un éclissage soigné. On y attache beaucoup d'importance en Allemagne. Les éclisses y sont longues et fortes. On a pu voir par les dessins joints à cette communication que quelques-unes embrassent le rail presque sur tout son contour. Quelques-unes embrassent, à l'extérieur de la voie, le champignon du rail jusqu'au niveau du plan de roulement.

Le bon éclissage a pour effet d'éviter les chocs et, par suite, d'accroître la durée du métal. Il est facile aujourd'hui de consacrer une somme plus forte à l'éclissage, le nombre des éclisses par kilomètre de voie diminuant par suite de l'emploi de rails de 11 mètres. Aussi, donne-t-on en Allemagne aux éclisses cornières des dimensions telles que la paire d'éclisses pèse 20 kilogrammes alors que la paire d'éclisses ordinaires, en France, ne dépasse pas 10 kilogrammes.

Signalons un type d'éclisse très usité et que l'on appelle éclisse à ventre de poisson. Dans ce type (brevet anglais) l'épaisseur de l'éclisse va en diminuant, du milieu aux extrémités, donnant ainsi à la partie la plus faible de la voie une masse de métal plus considérable.

Fermeture des traverses. — Partout où l'on a essayé des traverses non fermées aux extrémités, on a observé des ripages de la voie et des défauts de bourrage.

La fermeture des extrémités de la traverse a pour effet de maintenir le noyau de ballast intérieur dans le creux de la traverse et de l'intéresser tout entier à la stabilité de la voie. La tendance aux déplacements latéraux se trouve ainsi contrariée non seulement par l'influence du frottement des parois lisses de la traverse sur le ballast dans lequel elle est noyée, mais aussi et surtout par le frottement, sur la couche inférieure, du noyau de ballast qui fait corps avec la traverse.

En outre cette fermeture maintient le bourrage. Lorsque la charge passe sur une traverse, celle-ci fléchit immédiatement sous le rail, comprime le ballast et tend à le chasser. Or le ballast ne peut s'échapper dans le sens longitudinal puisque les côtés de la traverse s'y opposent; il s'échappe dans le sens transversal si la traverse n'est pas fermée et la voie danse. Avec une traverse fermée, au contraire, la voie est stable et lorsqu'on enlève une traverse depuis longtemps en service on trouve qu'elle était remplie par un noyau de ballast compact qui supportait réellement la voie.

M. Livesey a constaté la nécessité absolue d'avoir des traverses fermées avec de mauvais ballast. Il a posé des voies dans la République Argentine sur du ballast qui n'était à proprement parler que de l'humus. Les pluies d'été détrempent le terrain et la voie sur traverses en bois ou sur traverses métalliques ouvertes était flottante. Avec les traverses métalliques fermées il se forme à l'intérieur de la traverse un noyau compact d'humus que les eaux ne détrempent pas et qui, soutenant la voie, permet de continuer l'exploitation sans accident.

On emploie différents procédés pour fermer les traverses. On rive une cornière à l'extrémité, ou on découpe à froid les angles des extrémités que l'on rabat ensuite, ou bien enfin on étampe à chaud l'extrémité de la traverse. C'est ce dernier procédé qu'emploie M. Post. Il est le plus parfait des trois et ne coûte pas plus cher.

Avantages des traverses métalliques.

Pour exposer les avantages des traverses métalliques, nous nous contenterons de citer les opinions émises par divers ingénieurs de chemins de fer à propos des types de traverse qu'ils ont eu à étudier plus spécialement.

M. Demoly, ingénieur de la voie des Chemins de fer Algériens reconnaissait en 1881 aux traverses métalliques du type Vautherin les qualités suivantes :

Inoxydabilité absolue quand les traverses ont été tout d'abord trempées dans le coaltar;

Excellente résistance lorsqu'elles ont été posées avec de bon ballast;

Indéformabilité ;

Longue durée certaine lorsqu'elles sont posées dans de bonnes conditions de plate-forme et de ballast. Elles semblent devoir durer sur les lignes à faible trafic deux fois autant que les meilleures traverses en bois.

Il est intéressant de rapprocher de cet avis celui que nous trouvons dans une note rédigée en 1885 par M. de Mazières, ingénieur des mêmes chemins de fer.

Il résulte de l'essai de 18 années auquel sont soumises les traverses métalliques sur la ligne d'Alger à Oran que ces traverses se comportent bien dans la voie, qu'elles ne s'y oxydent pas ni ne s'y affaissent et que les remplacements peu nombreux effectués sont en rapport avec la fatigue supportée par la voie et non avec le temps.

Les traverses métalliques coûtent moins d'entretien que les traverses en bois; mais il faut, au début, reprendre souvent le bourrage et surveiller le clavetage des attaches. Ce sont des inconvénients qui disparaissent d'ailleurs complètement après la troisième année de pose.

Les traverses posées sur les chemins de fer algériens ne sont pas fermées; c'est un inconvénient pour la bonne tenue de la voie en courbes raides.

Cette dernière observation de M. de Mazières est d'accord avec l'avis unanime des ingénieurs de chemins de fer. Ce défaut de fermeture permettait même à M. Mayer, de Berlin, de dire dans l'*Organ*, en 1884, que les traverses en bois étaient de beaucoup préférables aux traverses métalliques pour résister aux mouvements latéraux parce que :

1° Elles sont plus lourdes et par conséquent moins sensibles aux chocs;

2° Leurs extrémités présentent au ballast dans lequel elles sont complètement enterrées une large surface de résistance;

3° Leur coefficient de frottement est plus élevé, non seulement parce que le bois est moins lisse que le métal, mais aussi parce que les aspérités du ballast pénètrent plus ou moins dans la traverse en bois, ce qu'elles ne peuvent faire dans la traverse métallique.

Aujourd'hui tous ou presque tous les types de traverses sont à

bouts fermés, et M. Post a pu dire, à propos de cette fermeture, que celui qui le premier a fermé les bouts des traverses métalliques a beaucoup contribué à la sécurité et à la réduction de l'entretien. La traverse étant ouverte, la friction seule du ballast sur le métal s'oppose aux déplacements latéraux; lorsque la traverse est fermée, le corps de ballast entré dans la traverse devrait glisser sur la couche de ballast sur laquelle il repose. Il y a donc un coefficient de friction plus considérable qu'avec la traverse ouverte.

M. Webb, pour accroître encore ce coefficient de friction, trempe ses traverses à chaud dans du coaltar et dans du sable. Il prévient ainsi les chances d'oxydation en même temps qu'il donne à la traverse une surface rugueuse augmentant encore le frottement.

Il est bon de prévoir les chances d'oxydation pour le temps où les traverses restent empilées dans les dépôts; dès que les traverses sont en service, elles ne s'oxydent pas plus dans la voie que les rails eux-mêmes. Elles ne s'abîment donc pas par les causes physiques. M. Walter R. Browne, membre de la Société des Ingénieurs civils de Londres, signale que des traverses posées il y a 25 ans sur le Bristol and Exeter Railway sont en aussi bon état que le premier jour. Les traverses en bois ont, au contraire, une durée très variable estimée en moyenne à 15 années.

M. Funk, de Cologne, dans un travail publié en 1880 par *l'Organ* donnait les chiffres suivants :

	INJECTÉ AU SULFATE DE ZINC	NON INJECTÉ
	ANNÉES	ANNÉES
Chêne	19,5	13,6
Pin rouge ou blanc	12,0	6,1

M. Henri Mathieu, notre ancien président, dans une note publiée il y a quelques mois dans la *Revue générale des chemins de fer* donne comme résultats moyens de durée. :

	NON PRÉPARÉES	CRÉOSOTÉES	INJECTÉES AU SULFATE DE CUIVRE
	ANS	ANS	ANS
Traverses en chêne . .	14	18	»
Hêtre	»	9	»
Pin des Landes	»	12	10

Or, sur les chemins de fer algériens où 90,000 traverses environ ont été posées sur une ligne comportant des courbes de 500 mètres de rayon et des pentes de 16 $^m/^m$, les traverses métalliques en service depuis 18 ans sont en parfait état et semblent devoir durer encore 15 à 20 années.

M. Post, résumant les avantages des traverses métalliques, citait à ce propos que, entre Paris et Bondy, sur 20,884 mètres de voie mise en observation et dans une partie où les traverses avaient été munies de platines, on a dû, en 12 ans, remplacer 20 0/0 des traverses. Les poses de traverses métalliques faites à l'étranger et dont un grand nombre datent de plus de 12 années ont prouvé qu'en cet espace de temps on a eu à remplacer bien moins de 20 0/0. L'expérience des chemins de fer algériens même est bien topique sous ce rapport, puisque, en 17 années de service, l'ensemble des remplacements n'a pas atteint 4 0/0.

La proportion de traverses métalliques restant dans la voie après 12 ans de service est bien plus considérable que la proportion des traverses en bois dans les mêmes conditions. Leur durée moyenne est aussi bien plus grande.

La valeur de la vieille traverse métallique est supérieure à celle de la traverse en bois hors de service.

Les frais d'entretien des traverses métalliques diminuent à partir de la troisième année, tandis qu'ils augmentent sans cesse avec l'âge lorsqu'il s'agit de traverses en bois.

Avec une traverse en acier doux et de bonnes attaches, la sécurité est mieux assurée qu'avec les traverses en bois. La voie, en effet, ne peut se déformer ni s'élargir, comme cela se produit avec les traverses en bois lorsque le passage des trains et la corrosion ont fini par donner du jeu aux tirefonds ou aux crampons actuels.

Quelques ingénieurs allemands, attribuant les ruptures fréquentes de rails en hiver à ce fait que la voie sur traverses en bois devient très dure lorsque à des temps humides succède rapidement une période de froid, font remarquer qu'il n'y a point à craindre un pareil inconvénient avec la traverse métallique dont la table supérieure possède toujours une élasticité propre suffisant à atténuer la dureté de la voie.

Enfin, il résulte de l'expérience de certains déraillements que, après l'accident, la voie sur traverses métalliques est plus rapidement rétablie que la voie sur traverses en bois. Les traverses faussées sont très facilement remises en état et peuvent encore être placées dans la voie, tandis que les traverses en bois atteintes sont généralement hors de service.

Cette opinion n'est point conforme à celle émise en 1881 par M. Boucher, Ingénieur en chef du chemin de fer du Nord, et par M. Garet, Ingénieur en chef du chemin de fer de Lyon.

Il est bon de signaler que les chances de rupture des traverses métalliques ne sont point aussi fréquentes qu'on le pourrait croire.

M. Jungbecker signale que sur les chemins de fer de Berg et Marche, on a constaté 172 ruptures sur 273,000 traverses.

La proportion des ruptures varie de 3/10 0/00 à 1 1/2 0/00 suivant les livraisons. Mais ces ruptures se produisant en général dans les premiers temps de la pose, l'Administration des chemins de Berg et Marche a pris vis-à-vis des fournisseurs une garantie de deux années.

CONCLUSION

Nous avons terminé la tâche que nous nous étions imposée ; nous croyons avoir signalé tous les essais sérieux faits en Europe pour la substitution du métal au bois dans la superstructure des chemins de fer. Si nous avons oublié quelques types de traverses.

il y a dans la Société assez d'ingénieurs éminents s'occupant spécialement des questions de matériel fixe pour que nos oublis soient réparés.

A notre avis, étant données les conditions de prix sans cesse croissant des traverses en bois, étant données aussi leur rareté et l'obligation où nous nous trouvons de recourir à l'étranger pour assurer les approvisionnements nécessaires à nos chemins de fer, il est indispensable de chercher et de trouver une bonne traverse métallique. Il en existe déjà en Angleterre, en Hollande, en Allemagne, en Algérie qui ont fait leurs preuves, dont les qualités et les défauts sont connus. Perfectionnons-les et cherchons à accroître ces qualités, à diminuer ces défauts.

La substitution des traverses métalliques aux traverses en bois est favorable à l'économie du bon entretien des voies. Elle est nécessaire aussi, dans les circonstances actuelles, pour le relèvement de notre industrie métallurgique si cruellement frappée et qui lutte si péniblement malgré l'excellent outillage dont sont douées nos usines et malgré la science et le talent de nos ingénieurs. Les usines ont fabriqué des rails à l'excès; elles pourraient aujourd'hui se livrer à la fabrication des traverses métalliques et, alimentées ainsi pendant une quinzaine d'années, attendre des temps meilleurs.

C'est aux Compagnies de chemins de fer, c'est à leurs éminents ingénieurs que nous faisons appel; c'est à eux que nous demandons de trouver la bonne traverse, c'est-à-dire celle qui devra répondre, selon nous, aux conditions suivantes :

Stabilité dans la voie à toutes vitesses et sous tout tonnage;

Facilité de substitution à la traverse en bois, c'est-à-dire transformation aussi faible que possible du petit matériel actuel ;

Nombre de pièces séparées aussi restreint que possible.

Paris, avril 1886.

TYPES DE TRAVERSES		LONGUEUR	POIDS		MOMENTS D'INERTIE
NOMS	PROFILS		TOTAL	PAR MÈTRE COURANT	
VAUTHERIN MODIFIÉ	Wurtemberg.	m. 2.40	k. 59 »	k. 24.589	1528.024
HEINDL	Bavière.	2.50	63 »	25.200	1780.938
VAUTHERIN	Traverse de joint.	2.60	51 »	19.615	1029.986
	Traverse courante.	2.60	45 »	17.308	901.009
	Compagnie des Chemins de fer Hollandais.				

Annexe A.

MOMENTS D'INERTIE

Des quelques profils de traverses les plus usités

TYPES DE TRAVERSES		LONGUEUR	POIDS		MOMENTS D'INERTIE
NOMS	PROFILS		TOTAL	PAR MÈTRE COURANT	
HAARMANN	Chemins de fer de la rive droite du Rhin Prusse.	m. 2.40	k. 50.0	k. 20.833	938.243
VAUTHERIN	Chemin de fer du Main Necker.	2.50	48.520	19.408	817.420
BERG ET MARCHE	Grand-duché de Bade.	2.25	42 »	18.667	464.857

TYPES DE TRAVERSES		LONGUEUR	POIDS		MOMENTS D'INERTIE
NOMS	PROFILS		TOTAL	PAR MÈTRE COURANT	
BERG ET MARCHE MODIFIÉ (POST).	110 / 74.5 / 17 / 255	m. 2.55 à 2.60	50 »	k. 19.417	1764.409
	84.5 / 62 / 17 / 255 Compagnie des Chemins de fer de l'État Néerlandais.	2.55 à 2.60	50 »	19.417	1395.060
WEBB	Coupe sur la partie horizontale du coussinet. 151.6 / 55.3 / 53.2 / 278.3 Coupe sur l'axe du rail.	2.70	82 »	30 370	1374.666
	151.6 / 55.3 / 278.3 London and N. W. Railway-Angleterre,	2.70	61.200	22.667	907.525

TYPES DE TRAVERSES		LONGUEUR	POIDS		MOMENTS D'INERTIE
NOMS	PROFILS		TOTAL	PAR MÈTRE COURANT	
BERG ET MARCHE	Chemin de fer du Nord-Est Suisse.	m. 2.40	k. 53.500	k. 22.291	1474.000
BERG ET MARCHE MODIFIÉ	Chemin de fer du Saint-Gothard.	2.40	54.500	22.708	1700.360
HEINDL	Chemin de fer de l'Etat-Autriche.	2.40	72 »	30 »	2498.373

Annexe B

RÉSUMÉ

DES CONCLUSIONS DE LA DIXIÈME ASSEMBLÉE TECHNIQUE DES ADMINISTRATIONS FAISANT PARTIE DE L'UNION DES CHEMINS DE FER ALLEMANDS (JUILLET 1884).

L'emploi de la superstructure métallique est encore dans une période d'essai qui ne permet pas de donner des conclusions décisives ; néanmoins les Administrations répondent sur divers points qui ne présentent aucun doute.

Avec tous les systèmes employés, longrines ou traverses, la sécurité de l'exploitation est assurée. Mais il est actuellement difficile de donner la préférence à l'un des systèmes pour le bon maintien du tracé en plan et en profil et de l'écartement de la voie.

Il paraît que la superstructure avec traverses satisfait à toutes les exigences pourvu que le profil choisi soit approprié et que l'on emploie des traverses suffisamment longues et recouvertes de ballast.

L'expérience acquise ne permet pas de se prononcer d'une manière décisive sur le poids à donner aux longrines ou aux traverses, sur leur hauteur, non plus que sur le poids du rail et sur le mode de liaison des deux parties. Le mode de fixation avec boulons est plus répandu que le procédé avec coins ou clavettes.

La durée des traverses métalliques n'a pas encore été l'objet d'observations attentives.

Les Administrations ne peuvent indiquer d'une manière formelle la forme la plus convenable à donner aux traverses métalliques. Elles sont d'avis, sur ce point, qu'il convient de porter à 2^m,50 la longueur des traverses, de leur donner une hauteur de plus de 60 $^m/_m$ et une épaisseur minimum de 10 $^m/_m$ pour a table supérieure.

Les différents profils de traverses n'ont pas donné lieu de constater des différences au point de vue de la fixation des traverses au rail.

La courbure ou le coudage des traverses, nécessaires pour don-

ner au rail son inclinaison propre, n'ont pas entraîné d'inconvénients lorsque les traverses sont solidement construites.

La rouille n'a pas d'effet nuisible lorsque les traverses métalliques sont posées dans les conditions ordinaires et avec une voie bien asséchée.

Les attaches les meilleures jusqu'à ce jour paraissent être celles avec coins et crampons et celles avec boulons et plaques de serrage. Aucune Administration n'a constaté que ces diverses attaches aient considérablement élargi les trous pratiqués dans les traverses.

Pour assécher convenablement les voies avec longrines métalliques il faut, outre un ballast non terreux, exécuter des travaux spéciaux d'assainissement : rigoles, drains, etc. On adopte en général pour le ballast les dimensions suivantes :

Largeur........ $3^m,00$ à $3^m,50$
Épaisseur....... $0^m,25$ à $0^m,50$

Annexe C.

Prix de revient comparatifs (PRIX PAYÉS FIN 1884).

DESCRIPTION DE LA VOIE	PRIX PAR MÈTRE COURANT DE VOIE	OBSERVATIONS
Hollande.	FR.	Fr.
Voie avec rails en acier de $33^{k}700$, sur traverses en bois de chêne injectées au chlorure de zinc.	16.32	La tonne de rails d'acier . 132.30 La tonne de petit matériel. 225.75
Voie avec rails en acier de $38^{k}600$, sur mêmes traverses.	17.37	Mêmes prix de rails.
Voie avec rails d'acier de $38^{k}600$, sur traverses en fer avec selles rivées	21.75	La tonne de rails d'acier . 132.30 La tonne de traverses . . 176.15 La tonne de petit matériel. 550.00
Angleterre.		
Voie avec rails en acier de $41^{k}670$, double champignon, sur traverses en bois et coussinets en fonte	24.28	La tonne de rails d'acier . 127.20 La tonne de coussinets. . 93.06 La traverse en bois. . . . 5.04
Voie avec mêmes rails sur traverses métalliques système Webb .	26.25	La tonne de traverses . . 152.44

Annexe D.

Développement des voies entièrement métalliques à l'étranger.

ANNÉES	LONGUEURS des lignes principales	LONGUEURS des lignes d'intérêt local	LONGUEURS totales des voies	LONGUEURS traverses en bois	LONGUEURS longrines métalliques	LONGUEURS traverses métalliques	LONGUEURS dés en pierre, etc.	OBSERVATIONS
Allemagne.								
CHEMINS DE FER DE BERG ET MARCHE (PRUSSE)								
1878	1290	»	2903	2795	1	107	»	
1882	1088	360	3049	2329	3	703	14	
CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT (PRUSSE)								
DIRECTION D'ELBERFELD :								
1883	947	234	2503	1623	62	807	11	
DIRECTION DE LA RIVE GAUCHE DU RHIN :								
1881	1082	120	2513	1649	414	434	16	
1883	1371	261	3376	2034	411	910	21	
DIRECTION DE LA RIVE DROITE DU RHIN :								
1881	1592	169	3232	2727	189	287	29	
1883	1507	243	3367	2801	118	429	19	
DIRECTION DE FRANCFORT :								
1880	1430	88	2977	1007	969	93	8	
1883	1041	45	2313	1326	924	53	10	
DIRECTION DE HANOVRE :								
1880	1545	52	3322	3023	245	54	»	
1883	1783	163	4099	3427	517	147	8	
DIRECTION DE MAGDEBOURG :								
1880	1567	115	3231	3181	19	31	»	
1883	1384	129	3046	2838	20	188	»	
DIRECTION DE BERLIN :								
1880	1005	5	2110	1714	396	»	»	
1883	2247	214	4341	3673	653	3	12	

Développement des voies entièrement métalliques à l'étranger
(Suite).

ANNÉES	LONGUEURS DES LIGNES PRINCIPALES	LONGUEURS DES LIGNES D'INTÉRÊT LOCAL	LONGUEURS TOTALES DES VOIES	LONGUEURS TRAVERSES EN BOIS	LONGUEURS LONGRINES MÉTALLIQUES	LONGUEURS TRAVERSES MÉTALLIQUES	DÈS EN PIERRE, ETC.	OBSERVATIONS
CHEMINS DE FER D'ALSACE-LORRAINE								
1879	1114	»	2071	1640	431	»	»	
1883	1123	168	2420	1456	885	79	»	
1884	»	»	»	»	908	127	»	
CHEMINS DE FER DU MAIN NECKER								
1880	95	»	234	234	»	»	»	
1883	95	»	235	219	»	16	»	
CHEMINS DE FER LOUIS DE HESSE								
1880	618	»	1081	929	116	34	2	
1883	674	»	1179	839	124	214	2	
1884	»	»	»	»	126	310	»	
CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT DE BADE								
1880	1131	157	2280	2275	5	»	»	
1883	1132	158	2292	2114	6	172	»	
CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT DE WURTEMBERG								
1878	1328	»	1956	1934	»	1	21	
1880	1523	13	2260	2182	»	59	19	
1883	1417	127	2264	1970	27	251	16	
CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT DE BAVIÈRE								
1878	3812	277	5686	5274	110	»	302	
1880	3882	377	5786	5095	319	»	372	
1883	3925	449	5979	5199	427	12	339	
Hollande.								
COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER HOLLANDAIS								
1878	352	»	562	520	1	41	»	
1880	345	»	571	492	1	78	»	
1883	351	»	654	336	1	116	»	

Développement des voies entièrement métalliques à l'étranger

(Suite).

ANNÉES	LONGUEURS DES LIGNES PRINCIPALES	LONGUEURS DES LIGNES D'INTÉRÊT LOCAL	LONGUEURS TOTALES DES VOIES	LONGUEURS TRAVERSES EN BOIS	LONGUEURS LONGRINES MÉTALLIQUES	LONGUEURS TRAVERSES MÉTALLIQUES	LONGUEURS DÉS EN PIERRE, ETC.	OBSERVATIONS
COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DU RHIN NÉERLANDAIS								
1875	197	»	482	462	»	20	»	
1880	204	»	529	482	11	36	»	
1883	205	5	546	450	11	85	»	
COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DU CENTRAL NÉERLANDAIS								
1878	102	»	124	114	»	10	»	
1880	102	»	126	57	»	69	»	
1883	101	2	132	58	»	74	»	
COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT NÉERLANDAIS								
1878	1006	»	1680	1671	»	9	»	
1880	1072	»	1546	1533	5	8	»	
1883	1336	»	2001	1981	5	15	»	
Suisse.								
CHEMIN DE FER CENTRAL SUISSE								
1883	327	»	571	517	»	54	»	En 1884 : 100k sur traverses métalliques.
CHEMINS DE FER DE LA SUISSE OCCIDENTALE ET DU SIMPLON								
1883	577	»	775	762	»	13	»	En 1884 : 55k sur traverses métalliques.
CHEMINS DE FER DU NORD-EST DE LA SUISSE								
1883	497	»	772k 55	772k 19	»	0k 36	»	En 1884 : 37k sur traverses métalliques.
CHEMINS DE FER DU SAINT-GOTHARD								
1883	240	»	328	317	»	11	»	

CHRONIQUE

Sommaire. — Bateaux à vapeur pour la pêche. — Essais et fabrication des plaques de blindage *(suite et fin)*. — Essais calorimétriques sur des chaudières. — L'*Institution of Civil Engineers*. — Chemins de fer à voie étroite dans le nord de l'Italie.

Bateaux à vapeur pour la pêche. — Nous complétons l'article donné sous ce titre dans la chronique de mars 1886 par les renseignements suivants, reproduits du *Sémaphore de Marseille* par le *Bulletin du Ministère des Travaux Publics*.

C'est en 1867 qu'eut lieu la première application de la vapeur à bord d'une barque de pêche nommée *Thistle* et appartenant à un armateur de Darmouth. Ce bateau n'avait que 15 mètres de longueur, un seul mât et une petite machine à un seul cylindre. Une autre barque à vapeur fut construite l'année suivante, mais, la pratique ayant démontré que ces bateaux étaient trop petits, on construisit la *Bertha* qui fut lancée en 1870 et mesurait 19 mètres de longueur. Ce bateau était gréé en ketch, avait une machine à deux cylindres avec condenseur par injection, et sa vitesse était de 11 nœuds. Il eut beaucoup de succès comme engin de pêche, mais on ne tarda pas à lui reconnaître plusieurs défauts, entre autres celui de mal marcher à la voile et d'être encore trop petit : la place manquait pour emmagasiner le poisson, de plus le câble servant à traîner le chalut était souvent coupé par l'hélice. On lui enleva donc sa machine et on la plaça sur un bateau plus grand l'*Edith*, construit à Darmouth en 1872, qui mesurait 22^{m},70 de longueur sur 6^{m},10 de large et 3^{m},50 de creux. L'*Edith* existait encore en 1884 et transportait le poisson des lieux de pêche au port voisin de Lowestoff.

Les premiers chalutiers à vapeur des côtes nord-est de l'Angleterre, où ces bateaux sont très nombreux aujourd'hui, ont été des remorqueurs. C'est pendant l'année 1879 que, les navires à voiles leur donnant peu de travail, les capitaines de quelques remorqueurs de la Tyne eurent l'idée de faire la pêche au chalut. Les résultats ayant dépassé leurs espérances, on se mit à construire de nombreux bateaux à vapeur à hélice spécialement disposés pour pêcher au chalut. D'autre part, certains armateurs, trouvant plus avantageux de conserver leurs bateaux à voiles, mais voulant néanmoins les perfectionner, adoptèrent les cabestans à vapeur. Une petite chaudière verticale était disposée à cet effet dans le poste de l'équipage et le cabestan placé sur l'arrière du mât de misaine.

Aujourd'hui, grâce à l'expérience acquise par plusieurs années d'ex-

ploitation, les Compagnies qui se livrent à la pêche à vapeur sont arrivées à faire des bénéfices relativement considérables.

Le nombre des bateaux de pêche à vapeur augmenta graduellement jusqu'en 1883, époque à laquelle l'exposition des pêcheries à Londres donna une nouvelle impulsion à cette industrie. On perfectionna les engins, on remplaça les aussières en filin par des câbles en fil d'acier; depuis, on a encore protégé l'hélice par une sorte de cage pour que les remorques du chalut ne soient plus coupées et ne s'engagent plus dans l'hélice; on a installé des machines refrigérantes plus parfaites, etc.

Ce n'est plus seulement en Europe que l'on emploie les chalutiers à vapeur ; on expédie de ces bateaux au Brésil et jusqu'à Java. Celui qui a été expédié à Java était pourvu d'une lampe électrique sous-marine pour pêcher la nuit.

Dans l'Amérique du Sud, le gouvernement de la province du Para vient d'accorder des avantages tout particuliers à une Compagnie de pêcheurs, afin qu'elle se fasse construire plusieurs bateaux de pêche à vapeur et qu'elle puisse approvisionner d'une façon plus régulière le marché de Belem; la commande a été faite en Angleterre.

Les premiers bateaux de pêche à vapeur belges ont été achetés par MM. Dessaert, armateurs à Ostende. Leur premier bateau a été le *Prima*, construit en 1884 à Granton (Ecosse). Ce bateau mesure 30^{m},20 de longueur, 6^{m},10 de largeur et 2^{m},75 de creux. Au *Prima* sont venus s'ajouter le *Secunda*, le *Tertia*, le *Quarta*, le *Franco-Belge* et *le Glorieux* qui appartiennent aux mêmes armateurs. Deux autres chalutiers à vapeûr ont été construits pour un autre armateur belge et un troisième chalutier va être prochainement lancé.

Londres, Great Yarmouth, Hull, Great Grimsby, Lowestoff et Leith sont les ports anglais de la mer du Nord où sont établies les plus importantes pêcheries maritimes. Le type de chalutier à vapeur (steam-trawler) généralement adopté coûte environ 125,000 francs et peut filer 10 nœuds. Le chalut des barques anglaises a de grandes dimensions et se manœuvre avec le cabestan à vapeur.

Essai et fabrication des plaques de blindage (*suite et fin*). — Les derniers essais comparatifs qui aient été faits publiquement sont ceux de la Spezzia en octobre et novembre 1884. Il s'agissait de faire un choix pour la cuirasse du *Lepanto*.

Les usines Cammell, Brown et Schneider fournirent des plaques de 0^{m},48 d'épaisseur pesant environ 29 tonnes; les plaques avaient 3^{m},05 de longueur et 2^{m},70 de largeur et étaient fixées aux cibles par 18 boulons dans le système du Creusot. Les cibles, disposées de manière à avoir à peu près la résistance de la muraille d'un navire, étaient adossées à une butte en terre.

Le programme comportait le tir contre les plaques d'un canon de 100 tonnes, lançant un projectile du poids de 870 kilogrammes dont on savait que l'énergie était suffisante pour percer les plaques. Après ce coup tiré par la pièce d'artillerie la plus puissante qui existe et qui devait désorganiser la plaque autant que possible, celle-ci devait recevoir sans être traversée quatre projectiles tirés par un canon de $0^m,25$ et pesant chacun 212 kilogrammes.

La plaque Schneider put seule subir victorieusement cet essai à outrance, les autres plaques ayant été brisées en morceaux au second coup du canon de $0^m,25$.

Le projectile du canon de 100 tonnes détermina dans cette plaque un trou de diamètre uniforme et de très peu plus grand que le diamètre du projectile. La plaque Brown fut brisée en quatre morceaux par le premier coup ; une partie, de $1^m,50$ de diamètre, de la face d'acier fut détaché et le trou avait $0^m,20$ de plus de diamètre que le projectile. Une des fentes radiales partant du trou avait $0^m,25$ de largeur.

La plaque Cammell fut également très endommagée; le trou qui la traversait avait $0^m,25$ de diamètre de plus que le projectile et de ce trou partaient cinq fentes, dont l'une avait $0^m,25$ de largeur divisant la plaque en six morceaux retenus seulement par les boulons de fixation.

Les projectiles employés dans cet essai étaient en acier Krupp forgé et trempé. Un détail remarquable est que la plaque du Creusot, après avoir reçu le coup du canon de 100 tonnes, était si chaude que pendant plusieurs heures on ne pouvait pas la toucher avec la main à moins de $0^m,60$ du trou fait par le projectile, tandis que, dans les plaques Compound, l'élévation de la température était à peine perceptible.

« Ce fait, dit le lieutenant de vaisseau Weyl (Questions maritimes), prouve incontestablement que la plaque du Creusot avait absorbé une énorme quantité de chaleur par suite de force vive pour être perforée, ce qui n'avait pas eu lieu pour les plaques mixtes. Et cela peut avoir une importance considérable lorsqu'on tire à obus, l'inflammation de la charge intérieure pouvant se produire par la chaleur développée au choc et déterminer prématurément l'éclatement du projectile, c'est-à-dire avant qu'il ait atteint la muraille. »

On doit savoir gré au lieutenant de vaisseau Weyl d'avoir mis en lumière cet avantage très précieux des plaques d'acier d'une seule pièce.

A la suite de ces essais, la fourniture de la cuirasse du *Lepanto* fut donnée à l'usine du Creusot.

En estimant l'efficacité d'une cuirasse, on ne doit pas perdre de vue que les expériences de recette sont, dans la plupart des cas,

beaucoup moins sévères que ces essais de concours et que la manière dont les plaques de blindage sont posées et soutenues ayant une énorme influence sur leur résistance, on doit veiller à ce que, dans les essais comparatifs, toutes les plaques concurrentes se trouvent sur un pied d'égalité à cet égard. Sous ce rapport, les essais de la Spezzia ont été conduits avec les soins les plus minutieux et les résultats peuvent en être acceptés comme ayant une valeur absolue. On ne peut pas en dire autant d'autres essais, tels que ceux faits à Amagen en Danemark, en 1884 également, où la différence entre la manière dont les plaques étaient maintenues ne permit pas une comparaison loyale. A la suite de ces essais on donna la préférence à une maison anglaise dont les plaques, lors de la fourniture, subirent mal les essais de recette.

Les résultats des expériences de la Spezzia ont été considérés par l'Italie comme tellement décisifs que ce pays s'en tient définitivement à l'emploi des plaques d'acier du Creusot dont la fabrication est établie à l'usine de Terni.

L'auteur est de ceux qui pensent qu'on en restera à l'acier solide; la facilité de donner plus de dureté à une des faces qu'à l'autre, lui procure l'avantage réclamé pour les plaques Compound et cela à moins de frais et avec plus de sécurité, surtout pour les moyens de fixation; aussi paraît-il probable que l'avenir est à l'acier pour les cuirasses de navires et de fortifications de terre.

En dehors de la marine anglaise, les plaques mixtes sont employées sur 11 cuirassés français, 2 russes, 2 brésiliens, 2 chinois, 1 italien, 1 danois et un américain (*le Miantonomoh*). Les plaques Schneider sont employées sur 7 navires français, 1 danois, 1 suédois, 1 espagnol et 4 italiens, ce qui représente en tout 20,000 tonnes environ de plaques; de plus, à l'époque où ceci était écrit, les contrats pour les cuirasses du *Neptune*, du *Brennus* et du *Charles-Martel* n'étaient pas encore passés.

La plus épaisse cuirasse portée par un navire à flot est celle du navire anglais *Inflexible*; c'est une cuirasse en fer du type Sandwich, composée d'une épaisseur de métal de $0^{m},305$, d'une couche de teck de même épaisseur, d'une plaque de $0^{m},305$, d'une seconde couche de teck de $0^{m},125$ renforcée par des cornières en fer et enfin de deux plaques de fer de 25 millimètres chacune, total $1^{m},228$ d'épaisseur.

L'armure la plus résistante est celle des deux cuirassés italiens *Duilio* et *Dandolo* formée de plaques d'acier solides de $0^{m},55$ d'épaisseur.

Les cuirasses des navires français *Amiral-Baudin* et *Formidable* sont de même épaisseur que les précédentes, mais elles sont plus résistantes par suite de la nature de l'acier; ces deux bâtiments ne sont pas encore à flot.

Le but de l'auteur a été d'appeler l'attention des Etats-Unis sur ce

fait qu'il y a dans le monde entier, en dehors d'eux, 198 navires cuirassés à flot, plus 42 en construction, soit en tout 240; sur ce nombre 194 ont des cuirasses en fer, 19 des cuirasses entièrement Compound, 12 des cuirasses partie en fer, partie Compound, 15 des cuirasses en acier en tout ou partie.

Sur ces 240 navires, 6 seulement ont moins de 2,000 tonneaux de déplacement, tandis que 209 ont plus de 3,000 tonneaux.

L'Angleterre. . . . . a	70	cuirassés dont	13	en construction
La France.	50	—	12	—
La Russie.	24	—	6	—
L'Italie	19	—	5	—
La Turquie	15	—	—	—
L'Allemagne	14	—	—	—
L'Autriche.	13	—	3	—

Suivent les autres puissances pour des chiffres beaucoup moins importants.

A coté de cet effectif formidable, les Etats-Unis possèdent 6 monitors de 2,100 et 8 de 1,875 tonneaux de déplacement, âgés d'environ 20 ans, avec des cuirasses peu épaisses et un armement qui n'est plus à la hauteur. Ils ont encore 4 monitors de 3,800 tonneaux et 1 (le *Puritan*) de 6,000 tonneaux, à divers états d'avancement; un seul (le *Miantonomoh*) possède déjà sa cuirasse.

Ces cinq navires (quand ils seront terminés) sont les seuls qui présentent quelque efficacité.

Les défenses des côtes des Etats-Unis sont considérées par toutes les autorités compétentes comme à peu près sans importance sérieuse; il n'y a ni torpilleurs, ni torpilles automatiques, ni artillerie puissante pouvant appuyer les mines sous-marines ou torpilles fixes, lesquelles n'ont dès lors aucune valeur. Bref, on peut dire, d'après les évaluations du lieutenant Griffen, de la marine américaine, qu'il y a aux Etats-Unis onze grandes villes situées sur la mer ou à proximité, lesquelles seraient, avec les 25 milliards de valeur qu'elles représentent, sans aucune protection et absolument à la merci de l'ennemi en cas d'une guerre maritime.

Essais calorimétriques sur des chaudières. — Les publications de l'Engineers' Club of Philadelphia renferment un mémoire de M. J.-E. Codman sur des essais calorimétriques effectués sur des chaudières dans lesquelles on s'est proposé notamment d'analyser la qualité de la vapeur obtenue, c'est-à-dire son degré d'humidité.

L'appareil employé à cet effet était formé d'un réservoir en bois de 100 litres environ de capacité, ayant une hauteur relativement considérable par rapport au diamètre. Un tuyau amenait la vapeur près du

fond; l'extrémité de ce tuyau était bouchée, et des petits trous percés dans la partie cylindrique. Le réservoir était placé sur une balance sensible au décagramme. La température de l'eau était mesurée avec un thermomètre gradué en dixièmes de degré centigrade.

On faisait un essai toutes les quinze minutes. On avait préalablement vérifié que la perte par rayonnement du réservoir était insignifiante, la température ne s'abaissant que de 3 dixièmes de degré en cinq ou 6 minutes.

On opéra d'abord sur une chaudière cylindrique de $9^m,15$ de longueur et $1^m,35$ de diamètre avec deux bouilleurs de $0^m,70$ de diamètre et $6^m,60$ de longueur, installée dans un fourneau en maçonnerie. La quantité d'eau contenue dans la vapeur a été trouvée varier considérablement avec l'état du feu et la hauteur du niveau d'eau. Le maximum a atteint 17 0/0 avec un niveau d'eau élevé et une combustion très active.

On a opéré ensuite sur une chaudière semi-tubulaire, composée d'un corps de $1^m,80$ de diamètre et $3^m,60$ de longueur contenant 92 tubes de $0^m,10$, et d'un réservoir supérieur de $1^m,20$ de diamètre et 4 mètres de longueur, réuni au précédent par trois communications de $0^m,35$ de diamètre et $0^m,22$ de longueur. Cette chaudière était placée dans un fourneau en maçonnerie et chauffée extérieurement, avec retour de la flamme par les tubes, puis sous le corps supérieur.

Les épreuves de la vapeur faites dans différentes conditions d'activité du feu et de hauteur de niveau d'eau, on constata que la modification dans la proportion d'eau entraînée ne se faisait sentir que longtemps après (30 à 45 minutes) la production des circonstances qui l'amenaient. Ce fait est dû à ce que la chaudière avait une capacité très considérable relativement au travail qu'elle avait à faire.

Une troisième série d'expériences fut faite sur des chaudières tubulaires du type ordinaire de marine, de $3^m,25$ de longueur et $3^m,48$ de diamètre, contenant deux foyers ondulés et 188 tubes de 75 millimètres. Il y avait deux chaudières semblables accolées et réunies à un réservoir de vapeur de $1^m,04$ de diamètre et $3^m,65$ de longueur. Les gaz sortant des tubes passaient sous le réservoir de vapeur pour se rendre à la cheminée. On trouva assez peu de variation, de 9 à 6 0/0, dans la proportion d'eau contenue dans la vapeur.

La moyenne de cette proportion a été :

Pour la chaudière à bouilleurs . . . . 4,05 0/0.
— — semi-tubulaire . . . . 4,66 —
— — tubulaire marine . . . . 6,91 —

La comparaison des résultats obtenus au point de vue de la vaporisation a amené à conclure que la chaudière marine a donné 24 0/0 de plus de vapeur par kilog. de combustible que la chaudière semi-

tubulaire, en tenant compte, bien entendu, de la plus grande quantité d'eau entraînée par la première. Cette même chaudière, au point de vue de la production de vapeur par mètre carré de surface de chauffe, a donné une augmentation de 43 0/0.

En somme, si on laisse de côté la chaudière à bouilleurs, dont les résultats ont été très inférieurs et qu'on se borne à faire la comparaison entre la chaudière marine et la chaudière semi-tubulaire, on trouve les résnltats suivants :

Différence en faveur de la chaudière semi-tubulaire, pour la siccité de la vapeur	2,25 0/0
Différence en faveur de la chaudière marine comme vaporisation brute	1,25 0/0
Même différence en tenant compte de la plus grande humidité de la vapeur	1,22 0/0
Avantage relatif de la chaudière marine comme vaporisation par kilog. de charbon	24 0/0
Avantage relatif de la chaudière marine comme production par mètre carré de surface de chauffe	43 0/0

Il est bien entendu qu'on n'a employé dans tous les essais successifs que du charbon de même qualité et dans le même état.

L'Institution of Civil Engineers. — Nous extrayons du rapport lu à la dernière réunion générale de l'*Institution of Civil Engineers* qui comptait, au 31 mars 1886, 5,100 membres de toute classe, les détails suivants sur les diverses installations successives de cette grande et puissante Société.

Elle occupa d'abord en mars 1820 un local situé dans Buckingham street, Adelphi, puis en 1834 une petite maison au n° 1 de Cannon Row, dans Westminster ; cette dernière installation devint promptement insuffisante en présence de l'accroissement du nombre des membres. On chercha à obtenir du gouvernement, ce qu'avaient obtenu d'autres Sociétés savantes, un local dans Somerset House ; cette demande ne fut pas accueillie, heureusement pour le développement de la Société, de sorte qu'il fallut chercher ailleurs. On trouva à ce moment une maison dans la situation la plus favorable qu'on pût souhaiter et l'Institution s'installa, à Noël 1839, chez elle n° 25, Great George street, emplacement qu'elle occupe encore aujourd'hui, mais avec bien des changements. On construisit sur le derrière une salle de réunion de 9 mètres de côté environ. En 1846, les locaux devenant insuffisants, on agrandit cette salle et on put lui donner 9 mètres sur 12 ; avec d'autres altérations, les dépenses s'élevèrent à plus de 100,000 francs elles furent couvertes par une souscription de 183 fr. 75 pour chaque membre et de 105 francs pour chaque associé ; de plus les nouveaux membres admis durent verser un droit spécial d'admission applicable

à un fonds de construction. Pour les besoins immédiats on émit jusqu'à concurrence de 62,500 francs des obligations de 2,500 francs chacune, lesquelles furent rapidement éteintes.

De nouveau, en 1865, l'accroissement du nombre des membres rendait les locaux, et surtout la salle de réunion, insuffisants. On pensa alors à acquérir les numéros 15 et 16, dans Great George street pour y construire un hôtel; le coût de cette opération était estimé à 1,500,000 francs qu'on proposait de couvrir pour une partie par des souscriptions volontaires et pour le reste par les fonds de l'Institution et par un emprunt. Mais cette proposition ne fut pas acceptée par la Société, et les souscriptions qui se montaient déjà à plus de 600,000 francs furent annulées. Les choses en restèrent là quelque temps et en avril 1868 une assemblée spéciale eut à examiner deux projets dont l'un fut adopté. Le projet consistait à agrandir le bâtiment d'un côté et à y adjoindre la partie de derrière d'une maison sise, 24, Great George street; il fut exécuté et ces constructions forment l'installation actuelle de l'Institution.

Les dépenses, avec l'ameublement, se sont élevées à 450,000 francs et ont été entièrement payées par le fonds de construction, les legs faits à la Société sans conditions spéciales et d'autres fonds de la Société, lui laissant encore environ 75,000 francs disponibles.

Il y a dix-huit ans que ces agrandissements ont été faits et, si la salle de réunion qui a 18 mètres de longueur, 12 de largeur et 9 de hauteur est suffisante à part les cas extraordinaires, on ne saurait en dire autant de la bibliothèque et des autres locaux qui ne sont plus à la hauteur de la situation actuelle.

En 1836, le nombre total des membres de l'Institution était de 254; les périodes décennales suivantes ont donné les chiffres de 600, 797, 1,339, 2,884, et enfin 5,100 au 31 mars 1886.

Les recettes du dernier exercice se sont élevées à 498,600 francs et les dépenses à 477,800. Dans les premières les intérêts des fonds placés entrent pour 50,000 francs seulement, et, dans les secondes, les publications figurent pour 230,000 francs, soit les six dixièmes environ.

Chemins de fer à voie étroite dans le Nord de l'Italie. — Le *Politecnico* donne des renseignements intéressants sur deux lignes de chemins de fer à voie étroite récemment établies entre les lacs Majeur, de Lugano et de Côme.

La première de ces lignes réunit Menaggio sur le lac de Côme à Porlezza sur le lac de Lugano ; la distance est de 12 kilomètres. La présence entre ces deux localités d'un faîte s'élevant à 185 mètres au-dessus du niveau des lacs a obligé à un tracé assez difficile, qui a conduit à des rampes de 50 millièmes au maximum, en obligeant en outre à la construction d'un tunnel de 108 mètres, d'un rebrousse-

ment et de nombreux ponts. Le rayon des courbes a 50 mètres. La seconde ligne qui va de Ponte-Tresa sur le lac de Lugano à Luino sur le lac Majeur où passe la ligne du Gothard, a la même longueur et a présenté à peu près les mêmes difficultés.

L'écartement intérieur des voies de ces deux lignes est de 0^m,80, la plate-forme a (pour une seule voie) 2 mètres de largeur. Les rails en acier, du type Vignole, pèsent 23 kilogrammes par mètre courant ; ils ont normalement 9 mètres de longueur et sont supportés sur 11 traverses chacun ; ces traverses ont 1^m,55 de longueur et 0^m,125 sur 0^m,155 de section. Pour maintenir l'écartement dans les courbes de faible rayon, on a dû faire usage d'entretoises en fer entre les rails. La surélévation du rail extérieur dans ces courbes a été, après bien des tâtonnements, fixée à 80 millimètres. On a employé des contre-rails dans les courbes de 50 mètres; mais il y a des réserves à faire sur cette mesure, parce que d'une part il peut s'engager des pierres dans l'intervalle et que, de plus, le boudin des roues peut monter sur le contre-rail si l'écartement n'est pas maintenu avec la plus grande précision.

Les machines ont trois essieux accouplés et un écartement extrême de 1^m,850 ; la charge de chaque essieu ne dépasse pas 6 tonnes, mais elle a été portée à 8 pour une autre ligne plus récemment établie sur le même type, celle d'Avezzano à Fossato. Il y a en outre un bogie sous le foyer pour soulager celui-ci, et la machine marche cheminée en arrière. La grille a 0^{m2},70 de surface, la surface de chauffe est de 45 mètres carrés. Les cylindres ont 0^m,300 de diamètre et 0,400 de course et les roues 0^m,800 de diamètre. Les machines pèsent 21,500 kilog. en service, dont 4,500 sur le bogie. Elles traînent, dans les conditions difficiles du profil, des trains de 25 tonnes à la vitesse de 10 kilomètres, laquelle s'élève à 28 dans les parties en alignement droit et en palier.

Le matériel à voyageurs ne présente rien de particulier ; il y a deux classes de voitures. Les wagons de marchandises sont portés sur deux trucs, ils ont 10 mètres de longueur hors tampons et peuvent porter 10 tonnes; ils passent sans aucune difficulté dans les courbes de faible rayon et, comme leur contenance est la même que celle des wagons à marchandises des grandes lignes, ils sont très commodes pour le transbordement. Ces wagons ont une tare de 4,500 kilog.

La ligne de Menaggio-Porlezza a coûté 175,000 francs le kilomètre, dont 30,000 pour le matériel roulant, et celle de Ponte-Tresa à Luino 152,500 francs dont 25,500 pour le matériel roulant. L'auteur du mémoire, M. E. Olivieri, estime que ces lignes établies à voie normale auraient coûté le triple, soit en moyenne 500,000 francs le kilomètre en nombres ronds.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JUIN 1886

Rapport de M. Aimé Girard sur l'**organisation** par M. Lucas du **laboratoire d'expertises de la commission des farines douze-marques.**

Dans ce laboratoire, à coté des méthodes scientifiques, est mise en usage la panification même des farines, et tous les jours un certain nombre de pains sont fabriqués dans une boulangerie annexée et munie d'appareils mécaniques et sont soumis à l'appréciation d'experts.

Ce rapport est suivi d'une note de M. Lucas sur les expertises du marché des farines neuf-marques.

Rapport de M. Rousselle sur les **appareils de déclenchement** inventés par M. Aubine.

Ces appareils sont au nombre de quatre :

Le premier est un appareil de déclenchement pour signal automoteur dont le but est la protection automatique d'un train de chemin de fer à l'arrière. Le problème consistait à faire en sorte que l'action mécanique du train, agissant sur une pédale, déclenche un contrepoids et mette le disque à l'arrêt ; que le relèvement du contrepoids n'ait pas lieu après le passage de la première roue de la locomotive et que la gare puisse toujours remettre l'appareil en service pour couvrir une manœuvre ; que les agents ne soient pas amenés à compter sur le fonctionnement de l'appareil automatique; qu'ils soient, au contraire, obligés de manœuvrer comme si cet appareil n'existait pas; autrement, que la sonnerie indiquant que le disque est à l'arrêt se fasse entendre, non plus lorsque l'appareil automatique a fonctionné, mais seulement lorsque la gare a manœuvré le levier qui doit mettre le disque à l'arrêt.

L'appareil imaginé par M. Aubine et qui fonctionne dans plusieurs gares du P. L. M. comprend une pédale que le train abaisse en passant devant le disque protecteur, ce qui, en dégageant une couronne mobile, rend libre un contrepoids qui met le disque à l'arrêt. La pédale reste abaissée jusqu'à ce que l'agent qui voit entrer le train en gare manœuvre son levier. Le mouvement qu'il imprime alors à la manivelle supérieure de l'appareil, fait retomber la pièce mobile dans

l'encoche de la couronne ; il rétablit la continuité du fil qui va de la gare au disque protecteur et en même temps il fait tinter la sonnerie trembleuse. Par cela même les choses sont rétablies comme elles l'étaient avant le passage du train. Le disque peut être ouvert ou fermé par la gare suivant les besoins du service.

Le second appareil est une pédale à mercure et le troisième un indicateur électrique pour annoncer à distance l'arrivée d'un train.

Enfin le quatrième a pour objet de remplacer par une action mécanique et automatique la manœuvre consistant à appuyer par des pétards posés à la main les disques placés à l'entrée des voies où il peut être momentanément dangereux de s'engager.

Rapport de M. RISLER sur le **système de conservation des fourrages verts** de M. COCHARD.

Ce système, basé sur celui de *l'ensilage à l'air libre,* consiste dans la compression à la main des fourrages entassés dans un endroit quelconque au-dessus du sol au moyen de procédés d'une grande simplicité.

On établit sur le sol un plancher formé de vieilles traverses de chemin de fer; sur ce plancher on entasse le fourrage en forme d'une meule carrée contenant environ 40 à 50 mètres cubes d'herbe verte.

Au-dessus on place un second plancher en traverses sur lesquels reposent deux madriers de 4 mètres portant à leur extrémité des chaînes de 2^{m},50 à 3 mètres ; sous le premier plancher se trouvent deux madriers semblables avec des chaînes également; des leviers à crochet fixé d'une manière convenable aux chaînes, permettent aux ouvriers d'exercer un effort très puissant qui rapproche les deux planchers et comprime le fourrage.

En opérant de temps en temps pendant plusieurs jours de suite, on peut amener la masse à une densité de 600 kilog. au mètre cube.

Le fourrage ainsi traité se conserve indéfiniment et, sauf une couche de 10 à 12 centimètres sur les faces extérieures qui est moisie, donne une herbe excellente pour la nourriture des animaux.

Notice nécrologique sur M. MELSENS par M. MASCART.

Notice sur les **essais de la tôle d'acier laminée de nickel** dans la construction des réflecteurs d'appareils d'éclairage, par M. ROUDERON, inspecteur des services de l'éclairage et du chauffage au chemin de fer du Nord. (Extrait de la *Revue générale des chemins de fer.*)

Un nouveau mordant. — Sur de nouveaux moyens de fixer le

chrome ; sur l'emploi du violet solide dans la teinture et l'impression. (Extrait du *Dingler's polytechnische Journal.*)

Machine à polir au papier de verre. (Extrait du *Cosmos.*)

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Mai 1886

Notice nécrologique sur M. Ed. Couche, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, par M. Barabant, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Documents sur la **résistance de l'acier**, rapport de mission, par M. Flamant, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'auteur s'est proposé surtout d'étudier les conditions dans lesquelles l'acier peut, avec sécurité, être employé dans la construction des grands ponts, et il a cherché à se renseigner à cet égard sur la pratique de la fabrication et sur les essais d'acier dans les usines du Creusot, de Terre-Noire, de Saint-Chamond et de Seraing.

Le rapport étudie successivement les propriétés de l'acier et les conditions des essais; il passe ensuite à l'emploi du métal et aux précautions à prendre dans son travail.

Suivent quelques considérations sur l'acier coulé, dont la fabrication. incertaine à l'origine à cause des soufflures, semble être arrivée aujourd'hui à un degré de perfection, de nature à donner toutes les garanties désirables.

M. Flamant conclut que l'usage de l'acier est appelé à se développer lorsque ce métal sera plus connu et que l'on aura fait disparaître les appréhensions et les défiances dont certaines applications mal étudiées l'ont rendu l'objet. Il faut toutefois procéder avec soin et soumettre la matière à des essais minutieux ; ces précautions rendront nécessairement plus élevé le prix des ouvrages en acier et limiteront son emploi ; mais ce ne sera probablement que transitoire et, comme le prix de l'acier est sensiblement aujourd'hui le même que celui du fer, il est possible que, lorsque l'expérience acquise de ce métal fera juger superflues la plupart des précautions recommandées actuellement, le prix de la mise en œuvre puisse être diminué d'autant.

L'auteur, pour terminer, émet le vœu que les questions auxquelles

donne lieu le problème de la résistance des ouvrages métalliques seront élucidées dans un laboratoire de l'Etat, lequel serait, au point de vue des métaux, analogue à celui qui existe déjà pour les matériaux de construction en maçonnerie.

Note sur la **reconstruction du bassin de la Villette et du canal Saint-Denis**, par M. L. Le Chatelier, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Le bassin de la Villette est un des premiers ports de France pour l'importance du trafic qui s'est élevé en 1882 à 1.100,000 tonnes au déchargement, 200,000 à l'embarquement et 600,000 au transit.

L'approfondissement de la Seine au tirant d'eau de 3m,20 commandait un travail analogue sur le bassin de la Villette et le canal Saint-Denis dont le tirant d'eau n'était que de 2 mètres. Un programme de reconstruction fut élaboré en 1880 et mis en exécution l'année suivante; les travaux sont actuellement terminés au bassin de la Villette et en cours d'exécution au canal Saint-Denis.

Les premiers comprennent le pont levant de la rue de Crimée, le pont mobile pendant la reconstruction de celui-ci et la reconstruction des murs de quai du bassin de la Villette.

Les travaux du canal Saint-Denis comprennent la reconstruction de douze écluses à la longueur de 62m,50, et celle du pont tournant d'Aubervilliers.

Deux des écluses sont reconstruites, deux vont l'être cette année, il n'a pas encore été touché aux autres.

Note sur un nouveau spécimen de **la balance de torsion** applicable au jaugeage des eaux, appelée jusqu'ici **hydro-dynamomètre,** par M. de Perrodil, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

C'est une modification d'un appareil décrit dans les *Annales* de janvier 1880; la note étudie principalement le mode de tarage de cet instrument.

Note sur l'**évaluation des terrassements** au mètre courant dans les projets de travaux neufs du service vicinal d'Eure-et-Loir, par M. Mazoyer, ingénieur des Ponts et Chaussées.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 5 juin 1885.

Communication de M. GUINARD sur **le régulateur à gaz, système Ziégler.**

C'est un régulateur de becs composé d'une petite cloche se vissant directement sur le tuyau d'arrivée du gaz, d'un bouchon vissé dans la cloche et dont la tête est percée de deux petits trous de 1 1/2 millimètre de diamètre, par lesquels le gaz est obligé de passer, et enfin d'un chapeau évidé ne laissant comme passage au gaz qu'un espace annulaire aussi réduit que possible et sur lequel se visse le bec papillon. Cet appareil agit évidemment d'une manière mécanique en réduisant la vitesse d'arrivée du gaz. Les expériences faites sur cet appareil ont fait constater une assez grande économie.

Note de M. DRILLON, ingénieur des mines de Sain-Bel, sur les **incendies dans les mines de pyrite.**

Analyse par M. BRECHIGNAC, d'une brochure de M. E. NIBAUT, intitulée **Critique de la loi minière de 1810.**

Bibliographie. — Cours de machines par M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

MAI-JUIN-JUILLET 1886

Note sur la **Question monétaire**, par M. GROSSETESTE THIERRY.

Cette note renferme d'intéressants détails sur l'or et l'argent employés comme monnaies. Les chiffres qui leur servent de base sont presque tous extraits de la *Statistique de Soetber* pour 1885.

Nous citerons comme particulièrement curieux ce qui concerne le

drainage des métaux précieux des pays civilisés au profit des contrées de l'extrême Orient, qu'on peut évaluer en moyenne par an, depuis 1880, à 30,000 kilogrammes d'or et à 1,500,000 kilogrammes d'argent, ainsi que l'emploi industriel des métaux précieux qui s'élève à des chiffres très considérables ; on en jugera par le fait qu'en 1883 il a été consommé pour ces usages 21,000 kilogrammes d'or et 100,000 kilogrammes d'argent, dont 20 à 25 0/0 de vieux métaux refondus. La consommation totale des pays civilisés peut être estimée pour la même période à 110,000 kilogrammes d'or et 652,000 d'argent.

Rapport de M. A. Rohr, inspecteur de l'Association pour prévenir les accidents de machines, sur les **Travaux techniques** de l'année 1884-1885.

Les accidents de machines signalés en Alsace dans le courant de l'exercice 1884-1885 ont été au nombre de 220, dont 5 suivis de mort, 4 d'une incapacité permanente de travail et 23 d'une incapacité de travail supérieure à 13 semaines.

Les batteurs ont causé les deux cinquièmes des accidents graves déclarés par la filature de coton, bien que les deux tiers des machines se soient trouvées dans les conditions de sûreté désirables.

La filature de coton et celle de laine tiennent la tête au point de vue des accidents ; après viennent les tissages, les ateliers d'impression et les établissements de construction de machines ; mais cette classification peut tenir aussi bien à la proportion des établissements de chaque nature qu'au danger proprement dit de ces industries.

Note sur **une teinte lilas alizarine** à mordant de chrome et d'acide sulfoléique, par M. Camille Kœchlin.

De la **Chrysamine comme mordant,** par M. G. Galland.

Note sur l'**emploi de planches en roseaux et plâtre,** de MM. Girandi, Brunner et Cie par M. Eugène Engel.

MM. Girandi, Brunner et Cie ont établi depuis quelques mois à Berne une fabrication de planches artificielle en roseaux et plâtre. Ces planches ont de 3 à 7 centimètres d'épaisseur ; le mètre cube pèse en moyenne 805 kilogrammes ; le poids du mètre carré varie d'un extrême à l'autre de 26 à 53 kilogrammes.

Ces matériaux sont légers, incombustibles, ne transmettent ni la chaleur ni le son et ne jouent pas comme le bois ; ils sont peu coûteux, 0 fr. 50 par centimètre d'épaisseur et par mètre carré ; on s'en sert pour les cloisons, les planchers et autres usages analogues.

Notice nécrologique sur M. Léonard Schwartz, membre fondateur de la Société industrielle, par M. Édouard Mieg.

Résumé des **observations météorologiques** de l'année 1885, par M. Obrecht.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 25. — 19 *Juin* 1886.

Machines à vapeur à grande vitesse, par R. R. Werner.

Perte de chaleur dans les chaudières à vapeur, par J. Lüders *(suite)*.

Rupture des volants.

Emploi de l'acier pour les tôles de chaudières et de navires.

Groupe de Cologne. — Nouvelle disposition de marteaux à vapeur, de marteaux à ressorts, etc.

Groupe de la Ruhr. — Constructions en fer. — Écoulement du sable. — Séries métriques pour pas de vis.

Groupe de Thuringe. — Chemin de fer minier de Mansfeld. — Épuration des eaux des villes.

Patentes.

Bibliographie. — Les ports maritimes de France, par Voisin-Bey, traduction allemande de G. Franzius.

Correspondance. — Combustion dans les machines à gaz.

Variétés. — Exposition de Stockholm en 1886.

N° 26. — 26 *Juin* 1886.

Machines à vapeur à grande vitesse, par R. R. Werner *(suite)*.

Machines-outils. — Machines à raboter, tours et machines à percer.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Protection des secrets de fabrique. — Télégraphie optique avec emploi de l'électricité.

Groupe de Hanovre. — Machine à gouverner à vapeur. — Contrôleur de caisses. — Emploi de l'acier pour les chaudières.

Patentes.

Bibliographie. — Manuel de géométrie pratique, par le docteur C. Aug. Vogler. — Emploi de l'électrolyse pour les minerais de cuivre, nickel et plomb, de C. A. Héring.

Variétés. — Lancements et essais de navires. — Réunion générale de l'Association des Ingénieurs et Architectes allemands.

N° 27. — 3 *Juillet* 1886.

Production et dégagement de la vapeur dans les chaudières de locomotives, par Albert Franck.

Machines à grande vitesse, par R. R. Werner *(suite)*.

Perte de chaleur dans les chaudières à vapeur, par J. Lüders *(fin)*.

Groupe de Berlin. — Expériences sur des chaudières tubulaires. — Inspection des chaudières à vapeur. — Expertises techniques.

Groupe de Hesse. — Frein continu automatique pour chemins de fer et tramways, de Th. Rode.

Patentes.

Bibliographie. — Fabrication des fils de fer et d'acier, de H. Fehland.

Correspondance. — Machine sans foyer de Honigmann. — Chemin de fer minier de Mansfeld. — Diagrammes des machines Compound.

N° 28. — 10 *Juillet* 1886.

Surveillance des machines pendant le travail; moyen de reconnaître les pièces qui s'échauffent, par G. Hermann.

Développement des machines à coudre à double piqûre, par P. Th. Beier.

Machines à grande vitesse, par R. R. Werner *(fin)*.

Groupe de Hanovre. — Nouveau fusil d'infanterie. — Appareils pour le grillage du café en grande quantité. — Chemin de fer de l'Arlberg. — Arpentage.

Groupe de Carlsruhe. — Attelage de sûreté de Lorenz.

Groupe de Magdebourg. — Séries métriques pour pas de vis. — Machines à river hydrauliques.

Groupe du Rhin moyen. — Protection des secrets de fabrique.

Groupe de la Haute-Silésie. — Statistique des câbles d'extraction.

Association des chemins de fer. — Pose de voie de Kaven. — Tunnel sous le détroit de Messine. — Injection des bois. — Centralisation des appareils de manœuvre d'aiguilles et de signaux.

Patentes.

Bibliographie. — Enseignement du dessin technique à l'aide de modèles, de S. Gottlob et K. Krôgen.

Correspondance. — Perte de chaleur dans les chaudières à vapeur.

Variétés. — Lancements et essais de navires. — Lignes allemandes de navigation subventionnées.

N° 29. — 17 *Juillet* 1886.

Machine Compound de 500 chevaux pour bateau à roues, avec distribution de Klüg, par Georges Meyer.

Submersion de l'*Orégon.*

Ponts. — Théorie des poutres. — Pont sur l'Etsch à Vérone. — Viaduc de Garabit.

Groupe de Manheim. — Protection des secrets de fabrique. — Paratonnerres. — Expériences sur des chaudières avec eau dans les tubes. — Emploi de la lumière polarisée pour les recherches techniques.

Groupe de Saxe. — Circulation de l'eau dans les chaudières. — Fabrique de papier de bois de G. Toelle à Wildenfels.

Bibliographie. — Étude pratique des distributions par tiroirs et coulisses, de W. A. Auchincloss, traduction allemande de A. Muller.

Correspondance. — Traction électrique sur tramways. — Perte de chaleur dans les chaudières.

N° 30. -- 24 *Juillet* 1886.

Avantage des régénérateurs dans les machines à air chaud, par J. O. Knoke.

Calcul pratique de l'effet des pompes à air, par J. F. Weiss.

Electro-technique. — Essais relatifs à l'électricité, à l'Institut de Franklin, à Philadelphie.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Inspection des chaudières à vapeur. — Cartes en relief.

Groupe de Hanovre. — Voie avec coussinets-cloches du chemin de fer de Norderney. — La saccharine. — Nouveau filtre à sable.

Réunion générale des maîtres de forges allemands à Dusseldorf, le

27 juin 1886. — Fabrication des parures et menus objets de fe d'acier dans les provinces Rhénanes et la Westphalie. — Emploi laitiers du procédé Thomas. — Expériences sur la marche des h fourneaux dans la Haute-Silésie.

Patentes.

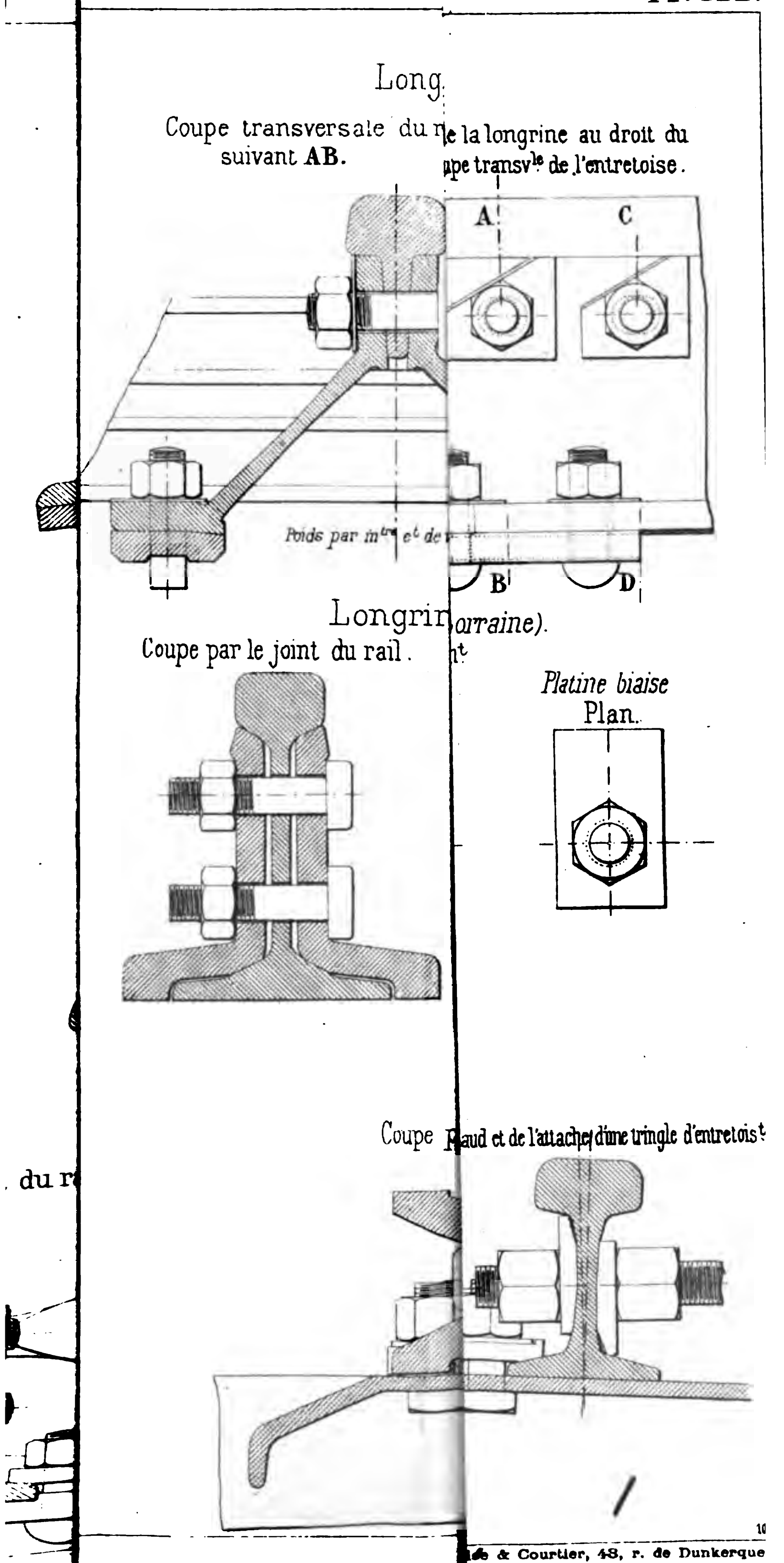
Bibliographie. — La machine dynamo-électrique, par le docteur Frolich.

Variétés. — Lancements et essais de navires.

Le Rédacteur de la Chronique,

A. Mallet.

PARIS. — IMPRIMERIE CENTRALE DES CHEMINS DE FER. — IMP. CHAIX, RUE BERGÈRE, 20. — 17135-



& Courtier, 43, r. de Dunkerque

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AOUT 1886.

N° 8

Pendant le mois d'août la Société a reçu :

De M. E. Polonceau, membre de la Société, un exemplaire de la notice sur les objets dont *les dessins ont été envoyés par la Compagnie d'Orléans à l'Exposition de Géographie commerciale de Nantes*;

De M. Weil, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur le nouveau *Dosage volumétrique du soufre dans les sulfures décomposables par l'acide chlorhydrique ou sulfurique.*

De M. Gueyton Camille, membre de la Société, deux exemplaires d'une brochure à propos du *Salon de 1886.*

De M. Camut, éditeur, un exemplaire du *Manuel des candidats aux Écoles nationales d'Arts et Métiers*, par M. Delacroix, professeur retraité de l'École d'Arts et Métiers de Châlons;

De M. Emile Raspail, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure sur l'*Orientateur géographique ou Méthode rationnelle d'enseigner les éléments de géographie*;

De M. Demoulin, ingénieur, un exemplaire d'une note sur les locomotives à air comprimé, système Mékarski pour le chemin de fer métropolitain de Paris;

De M. Dumontant, ingénieur, un exemplaire d'une brochure sur *sa pompe pour refoulement à grande hauteur;*

De M. Schabaver, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur le *Moulin à vent, système américain de M. Halladay;*

De M. Dubuisson, membre de la Société, un exemplaire de son mémoire sur la *Consolidation des terrains ébouleux par masses;*

De M. Thiré, membre de la Société, un exemplaire de sa notice sur le *Baromètre enregisteur Redier;*

De M. Levison Francis Vernon-Harcourt, ingénieur, un exemplaire de sa brochure intitulée *Blasting opérations at Hell gate, New-York;*

De M. Trouvé, ingénieur, un exemplaire d'une note sur un *nouveau mode de construction de l'hélice;*

De M. Farcot Emmanuel, membre de la Société, *Des dessins de son ventilateur de Mines de quatre mètres de diamètre débitant trente-cinq mètres cubes par seconde;*

De M. Jules Lauriol, ingénieur, un exemplaire de son mémoire sur le *Transport électrique de la force, les expériences de Creil au point de vue pratique;*

De M. Hervegh, membre de la Société, un exemplaire de la brochure de M. Johanne Lauer sur le *Sautage de roches au moyen de charges simplement apposées, employé dans les rivières à fort courant.*

De M. Borodine, membre de la Société, un mémoire sur ses *Recherches expérimentales sur l'emploi des enveloppes de vapeur et du*

système Compound dans les locomotives, essais comparatifs effectués sur les chemins de fer Sud-Ouest Russes.

De M. W. Parsons, ingénieur, un exemplaire de son livre intitulé *Track a complete Manuel of maintenance of way according to the latest and best practice on leading American Railroads.*

De M. Émile Lemoine, membre de la Société : 1° Un exemplaire de sa brochure intitulée *Exercices divers de mathématiques élémentaires;* 2° un exemplaire de sa note sur *divers problèmes de probabilité*; 3° un exemplaire de sa note sur les *Théorèmes divers sur les antiparallèles des côtés d'un triangle;* 4° un exemplaire de sa brochure *sur une généralisation des propriétés relatives au cercle de Brocard et au point de Lemoine;* 5° un exemplaire de sa note sur les *propriétés diverses du cercle et de la droite de Brocard;* 6° un exemplaire de sa note *sur les nombres pseudo-symétriques;* 7° un exemplaire de sa *Note sur le cercle des neuf points;* 8° un exemplaire de sa note sur *quelques propriétés des parallèles et des antiparallèles aux côtés d'un triangle;* 9° un exemplaire de sa *note sur les quelques points remarquables du plan du triangle* ABC; 10° un exemplaire de sa note sur une *nouvelle solution d'un problème d'arpentage;* 11° un exemplaire de sa note sur les *propriétés relatives à deux points* ω, ω' *du plan d'un triangle* ABC *qui se déduisent d'un point* K *quelconque du plan, comme les points de Brocard se déduisent au point de Lemoine;* 12° un exemplaire de ses *notes sur la géométrie du triangle.*

De M. L. Carette, membre de la Société , un exemplaire de son *Étude théorique sur les siphons de chasse automatique pour le lavage des égouts, tuyaux collecteurs, etc.*

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AOUT 1886

Séance du 6 Août 1886.

PRÉSIDENCE DE M. CONTAMIN, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture de la lettre suivante adressée par M. Chalon à propos du procès-verbal de la dernière séance.

« Monsieur le Président,

» Je viens de lire, dans le compte rendu de la séance du 17 juillet dernier, une discussion qui s'est produite au sujet de mon livre *les Explosifs modernes*. J'y suis mis en cause et vous demande en conséquence, la permission de répondre quelques mots.

» Laissant de côté toute polémique étrangère à la question, je me contenterai de relever deux points de la discussion :

» 1° Si l'ouvrage de M. Eissler et le mien présentent quelques figures et citations analogues, c'est tout simplement parce que nous avons puisé l'un et l'autre aux mêmes sources qui sont :

» Berthelot. — *Sur la force des matières explosives.*

» X***. — *Mode d'emploi de la dynamite* (Lahure 1876).

» L. Roux. — *La dynamite, ses caractères et ses effets.*

» P. Barbe. — *Études pratiques sur la dynamite et ses applications à l'art militaire.*

— — *Étude sur la gélatine explosive et ses applications à l'art militaire.*

— — *Manuel du mineur.*

» Sundstrom. — *Matières explosives à base de nitro-glycérine.*

» Drinker. — *Tunnelling explosive Compounds and Rock Drills.*

» André. — *Rock Blasting.*

» Catalogue de la *Ingersoll Rock Drill C°*

» Si j'ai cité mon ami M. Eissler dans ma préface, ce n'est nullement en raison de ces soi-disant emprunts dont, mieux que personne, il

connaît la réelle valeur, mais parce qu'il a eu l'obligeance de me communiquer des documents fort intéressants qui ne sont pas dans son livre et que j'ai insérés dans le mien. Tels sont les travaux du Blossom Rock, de Hallet's Point, de Flood Rock, et les expériences du général Abbot sur les explosions sous-marines.

» Nous avons l'un et l'autre relaté des expériences : c'était notre droit; mais nous n'avons jamais eu, bien entendu, la prétention de les avoir inventées.

» 2° Il semblerait ressortir de la discussion que la priorité des travaux sur la dynamite appartient à des auteurs allemands : Lauer, Mahler, Heyne et autres. C'est une erreur; cette priorité doit être attribuée à MM. Berthelot, Champion, Brüll, Roux, Barbe, Ch. Girard, etc., qui sont français et dont les premières publications sont antérieures à 1873.

» Veuillez agréer, Monsieur le Président, etc., etc.

» P. Chalon. »

M. le Président fait observer qu'il résulte de cette lettre que M. Chalon et M. Eissler sont dans les meilleurs termes entre eux. M. Chalon regrette certainement certaines paroles qui ont été prononcées en son absence dans la discussion qui a eu lieu et dont il ne faut pas mal interpréter le sens.

M. Hervegh. — Je regrette que M. Chalon n'ait pas pu assister à cette séance car je ne puis pourtant pas laisser passer sa lettre sans présenter quelques observations.

1° Les quelques figures et citations analogues des deux traités en question représentent presque le quart du texte (des quatre premières parties) et le tiers des figures du traité sur les explosifs modernes.

Pour ces parties analogues on remarque de plus cette coïncidence, que M. Chalon, bien qu'ayant (comme il l'affirme) puisé *directement* aux sources, ne fasse, dans son livre) que les mêmes citations d'ouvrages que M. Eissler, en indique les titres d'une façon absolument identique et n'en tire que juste les mêmes passages ou moins.

2° Quant au droit d'un auteur de relater des expériences, etc., il est évidemment incontestable, mais il est aussi de son *devoir* (et c'est en somme sur ce point que porte toute la discussion) de mentionner chaque fois les publications (originales ou non) desquelles il a tiré ces relations.

3° En ce qui concerne la question de priorité que M. Chalon croit voir ressortir de la discussion, j'avoue que je ne la saisis pas bien.

Ce n'est qu'à la suite des reproches faits à M. Eissler d'avoir traduit des brochures européennes sans citer les noms d'auteurs, que j'ai signalé le même genre d'omissions de la part de M. Chalon et, si j'ai nommé comme exemples à l'appui, les auteurs (autrichiens, du reste, et pas allemands) MM. Lauer, Mahler, Heyne, ce n'est que parce que

ces trois ouvrages, bien que mis en contribution par MM. Eissler et Chalon, n'avaient été cités ni par l'un ni par l'autre, et qu'en outre M. Chalon n'y avait puisé que par l'intermédiaire du livre américain. Ce dernier point, à lui tout seul, explique pourquoi je n'avais pas cru pouvoir choisir un exemple parmi les auteurs français, et l'ouvrage si remarquable et essentiellement scientifique de l'éminent savant, M. Berthelot, par exemple, s'y prêtait moins que tout autre, vu qu'il se trouve cité à plusieurs reprises dans les deux traités qui nous occupent.

Je me permettrai d'ajouter encore quelques mots pour démontrer les erreurs qui peuvent résulter de ce que les auteurs ne mentionnent pas chaque fois les véritables sources auxquelles ils ont puisé.

Ainsi, la classification en dynamites à absorbants inertes et en dynamites à absorbants actifs, revendiquée pour M. Chalon, se trouve déjà dans le livre de M. Eissler (p. 56).

Si nous passons à la IV[e] partie chap. II (correspondant à p. 231-250 du livre de M. Eissler), nous y trouvons la formule de Lebrun : $P = C.\ m^2$ et pour la dynamite n° III les coefficients :

$C = 0{,}70$ pour le grès dur ;
$C = 0{,}45$ pour le grès tendre ;
$C = 0{,}36$ pour les terrains moins résistants.

Or, ces coefficients, résultant d'expériences faites dans des carrières en Autriche, sont valables pour P en onces et m en pieds; il aurait donc fallu les multiplier avec 0,554, ou bien, au moins en tenir compte en écrivant, comme M. Barbe (Manuel du mineur, p. 24): $P = 2/3\ C.\ m^2$.

On voit donc que la formule Lebrun donne avec ces coefficients des charges de moitié plus fortes. Cela est d'autant plus étonnant que plus loin (p. 230) on trouve pour les travaux en galeries, la même dynamite et une roche demi-dure : $C = 0{,}36$, c'est-à-dire une charge plus faible. Au même endroit se trouvent indiqués les coefficients pour différents explosifs d'où semblerait ressortir pour produire le même effet, la proportion en poids :

1 de gélatine explosive ;
5 de dynamite n° I ;
18 de dynamite faible ;

tandis que M. Mac Robert (v. Barbe, *Manuel du mineur*, p. 54) donne :

1 de gélatine explosive ;
1,5 de dynamite n° I ;
2,15 de dynamite n° 2 ou 3.

Retournons à la p. 217, nous y trouvons comme vérifiées en Amé-

rique 4 tables de charge. En quoi se demande-t-on, pouvait-il y avoir intérêt à faire cette vérification en Amérique ! Ces tables sont la retransformation pour mètres et kilogr. avec quelques erreurs de calcul en plus des tables analogues du livre de M. Eissler (p. 249-250) qui les a empruntées de la brochure de M. Mahler et transformées pour pieds et onces anglais. Ces tables de charge ne sont, comme l'on sait, que simplement calculées d'après les formules du major Vogel, et, pour les mêmes explosifs, le coefficient C ne varie que suivant la nature de la roche. Les tables A et B de Mahler sont calculées en prenant C = 0,044 resp. 0,050 ; tandis que pour les tables A et B transformées par M. Eissler, on trouverait pour la première : C variant entre 0,038 et 0,054, et pour la seconde C variant entre 0,0425 et 0,056. Quant aux charges des tables C et D, elles s'obtiennent et dans la brochure de M. Mahler, et dans le livre de M. Eissler, en multipliant les charges correspondantes des tables A et B avec 1,588.

N'aurait-il pas été plus exact et plus simple de donner les tables de charge d'après la brochure de M. Mahler ou le *Manuel du mineur* de M. Barbe (p. 25) ?

M. le Président. — L'analyse qui a été faite dans la dernière séance, de l'ouvrage de M. Chalon, a donné lieu à des divergences entre vous et M. Moreau. M. Chalon se dit être d'accord aujourd'hui avec M. Eissler; nous n'avons qu'à prendre acte de cette déclaration.

M. le Président donne ensuite lecture d'une lettre de M. Morandiere sur des applications nouvelles du frein Westinghouse.

« Monsieur le Président,

» Lors de la communication faite le 1er juillet 1881 sur le frein Westinghouse appliqué par la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, j'ai eu l'honneur d'exposer le système d'intercommunication entre les voyageurs et les agents des trains à l'aide de l'air comprimé. Ce système alors en essai a été depuis ce moment étendu successivement par la Compagnie de l'Ouest à ses trains rapides, express et même directs faisant sans arrêts des parcours de 25 kilomètres ou plus. Ces trains en sont tous munis depuis juillet 1885.

» Ce système a été décrit à diverses reprises dans plusieurs publications, notamment dans la revue *le Génie civil*, et j'ai l'honneur de remettre avec la présente, pour la bibliothèque de la Société, les dessins de détails des divers appareils, ainsi que de leur montage sur les véhicules ou sur les machines.

» C'est une disposition analogue qui a été tout récemment introduite sur les chemins de fer de l'État Belge, ainsi que l'a dit M. Doux à la séance du 18 juin dernier.

» Je profite de cette circonstance pour joindre aux dessins un relevé des principaux accidents évités sur le réseau de l'Ouest, par l'emploi du frein continu automatique à air comprimé : ce relevé complète l'annexe n° 2 de la communication du 1er juillet 1881.

» Veuillez je vous prie, Monsieur le Président, etc., etc.

» J. MORANDIERE. »

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Morandiere des renseignements et dessins qu'il communique à la Société, et donne lecture de la lettre suivante de M. Malo :

« Monsieur le Président,

» Dans sa séance du 6 octobre 1883, la Société a bien voulu écouter avec quelque intérêt la communication que je lui ai faite sur un système de fondation de machines en maçonnerie bitumineuse ; système dont j'avais déjà publié la description, il y a une vingtaine d'années, et que, depuis, je n'ai pas cessé d'employer avec un succès complet. J'ai cité devant la Société plusieurs exemples de ces fondations, dans lesquelles les vibrations sont abolies d'une manière absolue et qui permettent ainsi d'établir dans l'intérieur des villes, des appareils à fortes trépidations tels que, machines à vapeur, broyeurs centrifuges, machines à imprimer, etc., sans risque de procès avec les voisins.

» Je viens de mettre la dernière main à une fondation de cette espèce, la plus considérable sans doute qui ait été faite jusqu'ici et en même temps la plus concluante de toutes.

» Il s'agissait de monter, aux mines d'asphalte de Seyssel, une machine à vapeur de cent chevaux. Le sol, tout en rocher, se prêtant mal aux excavations nécessaires pour loger la chambre de condensation, j'ai pris le parti de placer la machine (et son volant-poulie, de 5m,40 de diamètre) sur un massif de maçonnerie asphaltique construit d'après les règles que j'ai précédemment exposées devant la Société.

» Le montage de ce bloc (hauteur 4 mètres, longueur 4 mètres, largeur 1m,25) a été fait en maçonnerie de moellons bruts hourdis en mastic d'asphalte de Seyssel (le même qui sert pour les trottoirs de Paris). Il supporte le bâti de la machine ; les appareils de condensation sont fixés sur son flanc. Le second palier de l'arbre du volant repose sur un deuxième bloc d'asphalte indépendant du premier et de dimensions moindres, sans que le plus imperceptible tassement se soit produit, pas plus dans l'un que dans l'autre. Si une déformation quelconque s'y fût produite elle eût été infailliblement révélée par un échauffement des coussinets.

» La machine construite par la maison Piguet de Lyon, fonctionne depuis le 19 juillet dernier ; elle marche à 75 tours et ne communique

pas à son massif la plus légère vibration. Si l'on pose la main sur le bloc, en un point quelconque et si l'on fait abstraction du bruit de la pompe à air, il est impossible de dire si l'appareil est en marche ou au repos.

» Ce curieux résultat, qui confirme pleinement mes observations antérieures m'a paru devoir être signalé à l'attention de la Société.

» Si ceux de nos collègues que la question intéresse, et que leurs vacances conduiraient en Suisse par la ligne de Genève, voulaient me faire l'honneur de s'arrêter à Pyrimont, je serais charmé de leur montrer cet échantillon, jusqu'à cette heure unique par ses dimensions, d'un système appelé, je crois, lorsqu'il sera bièn connu, à rendre à l'industrie de véritables services.

» Je joins à cette lettre une photographie de la machine vue sur sa fondation bitumineuse, avant la construction du plancher de la chambre de condensation. Cette photographie, œuvre d'un artiste de village, est aussi mauvaise que possible : elle donne cependant une idée de la disposition générale.

» Veuillez agréer, Monsieur le Président, etc., etc.

» Léon Malo. »

M. le Président dit que la Société accueille avec le plus grand empressement cette communication de M. Malo, qui se rapporte à un événement qu'il est heureux de pouvoir signaler. Ceux de nos collègues que les circonstances conduiront dans les environs de Genève seront heureux de profiter de son aimable invitation.

M. le Président donne communication d'une quatrième et dernière lettre qui lui est adressée par M. Colladon :

« Monsieur le Président,

» Je viens de lire dans le résumé de la séance du 18 juin dernier, à la page 314, à l'occasion de la médaille commémorative de l'inauguration du nouveau service hydraulique de la ville de Genève que j'ai eu l'honneur de vous faire parvenir pour les collections de la Société, une note additionnelle de votre part que vous avez ajoutée verbalement en présentant cette médaille. note par laquelle vous m'attribuez l'initiative des vastes travaux entrepris et menés à bonne fin pour l'établissement de ce nouveau service hydraulique.

» Il y a là une erreur que je désire vivement faire corriger le plus vite possible dans la collection des résumés de notre Société.

» En conséquence, j'ai l'honneur de vous prier très instamment de lire en mon nom à la prochaine séance et de faire imprimer dans le résumé

qui en rendra compte, la déclaration suivante, que je prends a liberté de vous transmettre.

» L'initiative du nouveau système hydraulique qui a été établi sur le Rhône en aval de la ville de Genève, aux frais du conseil municipal de cette ville, appartient essentiellement pour les plans et projets qui ont été exécutés, à M. l'ingénieur Théodore Turrettini, membre de notre société. — Les remarquables travaux poursuivis pendant près de deux ans pour mettre à sec et pour draguer le bras gauche du Rhône sur une longueur de 660 mètres, et pour les fondations en béton dans le lit du Rhône et à une grande profondeur au-dessous du niveau d'eau, ont été exécutés par M. l'entrepreneur Chappuis, sous la direction de M. l'ingénieur Turrettini.

» Les cinq premières puissantes turbines et les pompes hydrauliques qu'elles mettent en mouvement, ont été exécutées à Zurich dans les ateliers de MM. Escher, Wyss et Cie.

» Je n'ai donc eu aucune part, soit comme ingénieur conseil, soit comme ingénieur exécutant, dans l'initiative et dans l'exécution de ce beau travail, mais il y a quarante-huit ans, M. Lombard-Pajod, ex-associé de la grande maison de Gisors pour filature et blanchiment, connue sous le nom de Lombard, Davillier et Cie, s'étant retiré à Genève, son pays d'origine, m'avait proposé de fonder avec lui une société pour le service hydraulique de la ville de Genève, en payant une subvention annuelle à son conseil municipal.

» A cette occasion j'avais étudié, en 1838, les projets d'un service hydraulique entièrement neuf, dont les moteurs auraient été placés en aval de la ville sur le bras gauche du Rhône. Ces projets ont été présentés, avec les statuts de la Société projetée, au Conseil municipal de la ville, qui, après discussion, refusa de se dessaisir du service des eaux et ne voulut pas entreprendre l'exécution d'une nouvelle installation hydraulique.

» Le projet présenté par M. Lombard et par moi était d'ailleurs beaucoup plus modeste que celui de M. Turrettini et il aurait été placé environ 400 mètres plus en amont que le bâtiment récemment inauguré, c'est-à-dire en dedans des fortifications de la ville, qui étaient intactes à cette époque, le gouvernement genevois ne voulant pas admettre que la machine hydraulique put être établie en dehors de ces fortifications.

» Agréez, Monsieur le Président, mes salutations respectueuses.

» D. Colladon. »

M. le Président a le plaisir d'annoncer la décoration dans l'ordre de la Légion d'honneur, de trois de nos collègues. M. Poirrier a été

nommé officier, MM. Orsatti et de Selle chevaliers, et M. Vivarez a été nommé officier d'académie.

Il a enfin le regret d'annoncer le décès de MM. Barthélemy, Du Lin, Lecointe et Regray. La disparition de quelques-uns de ces noms laissera de bien vifs souvenirs dans la grande famille du travail et de l'industrie ; il espère qu'il nous sera donné sous peu lecture des notices retraçant la vie si bien remplie par ces collègues.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Borodine sur ses recherches expérimentales sur l'emploi des enveloppes de vapeur et du fonctionnement Compound dans les locomotives, effectuées sur les chemins de fer Sud-Ouest Russes.

Les recherches qui font l'objet de ce travail ont été entreprises dans le but d'apprécier l'influence, sur la consommation de vapeur des machines locomotives, de l'emploi, d'une part, des enveloppes de vapeur aux cylindres et, de l'autre, du fonctionnement Compound.

Une partie des résultats obtenus a été exposée d'une manière sommaire devant la Société des Ingénieurs Civils, par M. A. Mallet, dans la séance du 2 février 1883.

Le mémoire présenté aujourd'hui contient les résultats définitifs et l'exposé détaillé des méthodes d'expérimentation.

Les machines sur lesquelles les recherches ont été faites sont :

1° Une machine à voyageurs, à deux essieux accouplés, à cylindres de 0m,420 de diamètre et 0m,600 de course, munis d'enveloppes de vapeur dans lesquelles la vapeur arrivait directement de la chaudière et d'où l'eau condensée s'écoulait par un purgeur automatique ; cette machine porte le numéro A. 22.

2° Une machine du même type, ayant un cylindre de 0m,420 et un de 0m,600 de diamètre, également pourvus tous deux d'enveloppes de vapeur disposées comme celles de la machine précédente. Cette machine, ainsi transformée dans les ateliers de Kiew, d'après le système et sur les dessins de M. A. Mallet, porte la désignation A. 7.

Les expériences ont été de deux natures :

1° Expériences dans l'atelier d'essai sur les locomotives transformées en machines fixes ; dans ces expériences il a été fait usage de la méthode calorimétrique de Hirn.

2° Expériences à l'aide de trains d'essais, au moyen de méthodes imaginées par M. Lœvy, Ingénieur de la traction des Chemins de fer Sud-Ouest Russes, sous la direction duquel ont été exécutés tous les essais.

Toutes ces expériences, commencées en 1880, ont duré plusieurs années ; les calculs des résultats obtenus ont exigé un temps très considérable ; aussi ce travail, en préparation depuis longtemps, n'a-t-il pu être terminé que récemment.

On ne peut en présenter ici qu'un résumé très sommaire, en se bor-

nant à indiquer les principes des méthodes d'expérimentation et les conclusions à tirer des résultats et en renvoyant au Mémoire pour les détails et les calculs.

I. Expériences faites à l'atelier d'essai de locomotives.

Une grande partie des expériences ont été exécutées dans un atelier d'essai installé provisoirement, à côté des ateliers de réparations de Kiew, d'après les idées émises dès 1881 par M. Borodine et dont une description sommaire a été donnée dans les Bulletins de la Société de 1881, page 374, et de 1882, page 100.

Seulement, comme les expériences à faire ne concernaient que la machine à vapeur proprement dite, les arrangements relatifs à l'utilisation du combustible ont été laissés de côté. En outre, comme M. Borodine n'avait pas à sa disposition de frein capable d'absorber tout le travail produit, il a dû faire travailler les machines de manière à ne leur faire produire qu'une force de 90 chevaux environ servant à mettre en mouvement les ateliers.

Les roues motrices de la locomotive transformées en poulies-volants actionnaient par courroies la transmission des ateliers, avec un rapport tel que le nombre de tours des roues fût de 92 à 102, correspondant à une vitesse sur la voie de 28 à 31 kilomètres à l'heure.

Comme la vapeur de l'échappement était condensée et ne pouvait servir à activer le tirage, on avait dû allonger la cheminée. Pendant toute la durée de chaque expérience (de 2 à 3 1/2 heures), la machine travaillait dans les mêmes conditions de distribution, dans la même position du régulateur et, autant que possible, avec la même vitesse et la même pression à la chaudière. On faisait ainsi produire à la locomotive un travail constant, le minimum nécessaire pour faire marcher les machines des ateliers, la partie variable de ce travail étant effectuée par le moteur des ateliers. Toutefois, on tenait compte des petites perturbations qui se présentaient pendant les essais par suite d'une augmentation de pression ou de vitesse.

La locomotive était munie des appareils suivants :

1° Double manomètre vérifié avec soin ;

2° Compteur de tours ;

3° Manomètre donnant la pression dans les enveloppes de vapeur ;

4° Indicateurs disposés sur chaque cylindre et recevant le mouvement des tiges de pistons, avec transmission d'une disposition spéciale.

On avait, de plus, fait une installation pour condenser la vapeur d'échappement, formée d'une bâche à cloisons dans laquelle un déversoir mobile amène un courant d'eau constant qui rencontre la vapeur convenablement divisée et la condense. L'eau chaude s'écoule par la partie inférieure de la cuve.

On pouvait mesurer très approximativement le volume d'eau froide, amené à la bâche et le volume d'eau chaude en sortant, et trouver, par la différence de poids de ces volumes, la quantité de vapeur condensée, laquelle servait de vérification au volume d'eau d'alimentation jaugé directement.

Des thermomètres, donnant la température de ces volumes d'eau, permettaient d'apprécier la quantité de chaleur amenée par la vapeur d'échappement et de faire la vérification calorimétrique des résultats.

Le jaugeage de l'eau d'alimentation se faisait dans une bâche spéciale.

Le mémoire donne le détail des opérations préliminaires effectuées pour déterminer les données nécessaires aux essais.

La durée des essais était, comme on l'a vu plus haut, de 1 1/2 à 3 1/2 heures.

La pression au manomètre était notée toutes les minutes ; les indications du thermomètre de la bâche à eau chaude et des niveaux d'eau des bâches de même ; les diagrammes d'indicateur étaient relevés toutes les cinq minutes et on notait en même temps les nombres de tours.

Se basant sur les données recueillies, on obtenait pour chaque essai :

1° La consommation totale de vapeur humide déduite du jaugeage direct ;

2° La consommation par tour ;

3° La pression moyenne à la chaudière ;

4° Les températures de l'eau avant et après la condensation ;

5° Les poids de cette eau ;

6° Les pressions et contre-pressions moyennes pour chaque côté du cylindre déduites de la mesure de la surface des diagrammes d'indicateur au moyen du planimètre d'Amsler ;

7° Le travail indiqué développé par la machine pendant toute la durée de l'expérience ;

8° La consommation de vapeur humide par cheval indiqué et par heure ;

9° La dépense de vapeur servant au chauffage des enveloppes appréciée par la pesée de l'eau évacuée par le purgeur automatique.

L'appréciation de la quantité de chaleur retenue par l'eau de condensation permettait de trouver la quantité d'eau amenée par la vapeur.

Ces moyens d'investigation étant connus, on va passer à l'exposé des résultats obtenus.

D'abord pour la machine A. 22 fonctionnant avec un seul cylindre, parce que le travail était trop faible pour qu'on ne fût pas conduit, en employant les deux cylindres, à des introductions par trop réduites, on a fait 35 expériences dont les résultats sont donnés dans des tableaux très détaillés.

Disons tout de suite que les proportions d'eau entraînée ont toujours été extrêmement faibles ; elle n'ont pas en général dépassé 4 0/0. On est du reste beaucoup revenu des anciennes idées qu'on avait sur le degré d'humidité de la vapeur, qui, d'après quelques auteurs, pouvait aller à 30 0/0. Des expériences récentes faites en Allemagne sur des locomobiles ont fait voir que la vapeur était sensiblement sèche. Dans les expériences faites au Creusot par M. Delafond sur une machine Corliss, on a trouvé 2 0/0 d'eau ; dans les essais de la machine du *City of Fall River* (voir chroniques de février 1885, page 258, et mars 1885, page 455), on a trouvé des proportions extrêmes de 1 1/2 0/0 et 5,4 0/0.

Il faut d'ailleurs remarquer que, dans les essais qui font l'objet de ce travail, la chaudière n'avait à produire que peu de vapeur, ce qui devait avoir évidemment une influence favorable sur la siccité de celle-ci.

On a essayé de mesurer directement la proportion d'eau par l'envoi d'un filet de vapeur pris directement à la chaudière dans une certaine masse d'eau et le calcul de la quantité de chaleur gagnée par cette eau, mais, probablement à cause d'erreurs d'observations ou du manque de précautions nécessaires, on n'a pas obtenu de résultats satisfaisants.

Voici les conclusions générales tirées des résultats des expériences faites sur la machine A. 22 :

1° Le réglage de la distribution par la condition d'égalité des admissions ou par celle de l'égalité des avances sur les deux côtés du piston, n'a pas d'influence sensible sur la consommation de vapeur ;

2° Les enveloppes fonctionnant, dans le cas de la marche au deuxième cran du secteur correspondant à une admission de 30 0/0 de la course, donnent, en moyenne, une économie de 13,5 0/0 et pour la marche au premier cran, soit une admission de 20 0/0, une économie de 16 0/0 sur la consommation de vapeur ;

3° La consommation de vapeur par cheval et par heure pour une admission de 20 0/0 (premier cran) est de 3,6 0/0 inférieure à la consommation à l'admission de 30 0/0 (deuxième cran) ; seulement comme les premières ont été faites à une pression supérieure à celle des secondes, il est probable que c'est plutôt à la pression de marche plus élevée qu'à la plus forte expansion qu'est due la moindre consommation.

Après avoir constaté l'influence des enveloppes sur la dépense de vapeur, il est intéressant de rechercher les causes de cette influence.

L'analyse des diagrammes permet d'y arriver.

On choisit, dans tous les diagrammes relevés dans le même essai, un qui puisse être pris pour diagramme type pour l'essai, pour chaque côté du cylindre. Dans ce choix, on doit avoir égard à la pression et à la vitesse qui peuvent être considérées comme moyennes.

On étudie sur ces diagrammes types la quantité de vapeur condensée dans le cylindre et la variation de poids de la vapeur sèche contenue dans le cylindre pendant la détente. On n'insistera pas ici sur les précautions à prendre pour ces recherches, ainsi que sur les détails des calculs qui sont exposés tout au long dans le mémoire. Il suffira d'indiquer que, par exemple, dans le cas des enveloppes non fonctionnant, on a constaté 19 0/0 de condensation à l'admission, et une dépense de vapeur de 14,05 kilog. par cheval indiqué et par heure, alors que, avec les enveloppes fonctionnant, dans les mêmes conditions de détente, de pression et de vitesse, la condensation a été réduite à 8 0/0 et la consommation par cheval à 13,05 kilog.

Cette comparaison peut être établie comme suit :

	EXPÉRIENCE N° 10 sans enveloppes	EXPÉRIENCE N° 11 avec enveloppes
Pendant l'admission, à chaque tour de la machine, la quantité d'eau liquide dans les cylindres et dans les enveloppes était augmentée de.	19 pour 100	cyl. env. 8 + 3 = 11 %
Pendant la détente, il se produisait une revaporisation d'eau dans le cylindre, de : Pour l'arrière du cylindre. . . . . . . Pour l'avant —	 8 pour 100 14 1/2 pour 100	 2 1/2 pour 100 5 pour 100
Dépense de vapeur par cheval indiqué et par heure.	14.05	13.05

Donc, dans l'essai n°11, l'enveloppe a produit une économie sur la consommation de vapeur de près de 7 0/0 comparativement à l'essai n° 10 et cette économie provient presque exclusivement de la réduction de 8 0/0 (11 au lieu de 19) de la condensation pendant l'admission.

La même comparaison a été faite pour 19 essais et les résultats donnés dans des tableaux, tandis que les diagrammes types sur lesquels on a opéré sont reproduits sur une planche.

Les conclusions générales tirées de ces comparaisons sont les suivantes :

1° On constate une diminution de la quantité de vapeur condensée pendant l'admission ; du degré de cette diminution dépend l'économie sur la consommation ; cette conclusion est confirmée par toutes les 19 expériences sans exception ;

2° La réduction de la revaporisation d'eau pendant la détente est également constatée ; ce phénomène se remarque dans presque tous les

essais, surtout dans ceux à la marche au deuxième cran et plus faiblement dans ceux au premier cran, c'est-à-dire avec une expansion plus forte;

3° On constate une augmentation dans la pression moyenne au cylindre; cette augmentation n'apparaît pas toujours toutefois dans la marche au deuxième cran, et elle est assez faible; tandis que dans tous les essais au premier cran elle apparaît à un degré plus grand.

Évidemment l'augmentation de la pression moyenne ne provient que de l'accroissement de pression pendant l'admission, par suite de la réduction dans la condensation, car, au contraire, la pression tombe plus vite pendant la détente, que s'il n'y a pas d'enveloppes, parce que la revaporisation est moindre.

Il y a une forte condensation pendant la compression et cela d'autant plus que la détente est plus grande; la condensation, faible au début de la compression, augmente progressivement jusqu'à la fin. L'influence des enveloppes sur cette condensation n'a pu être observée.

Il a été effectué en 1881 des essais sur une machine A. 21 du même type que les précédentes, mais ayant conservé les cylindres primitifs sans enveloppes; ces essais ont donné les mêmes résultats que les essais effectués avec la machine A. 22, les enveloppes ne fonctionnant pas.

Une conclusion intéressante à tirer des expériences de cette série est que la marche au premier cran n'est pas plus économique que la marche au deuxième cran avec une moindre détente, et si, dans les essais de 1882, on avait obtenu au premier cran une légère économie de 3,6 0/0 due sans doute, a-t-on indiqué précédemment, à la plus haute pression de marche, on n'a, dans les essais de 1881, obtenu aucune différence. Si on remarque que, lorsqu'on passe du travail indiqué au travail effectif, la partie constante des frottements de la machine fera que la consommation pour l'unité de travail utile sera plus élevée avec la plus grande détente qu'avec expansion moindre, on doit en conclure que les cylindres de trop grande dimension sont nuisibles à l'économie de vapeur, parce qu'ils conduisent à l'emploi d'expansions exagérées.

Les mêmes expériences ont été répétées sur la machine A. 7, locomotive du même type transformée en Compound, comme on l'a indiqué ci-dessus, par le remplacement d'un des cylindres de $0^m,420$ par un de $0^m,600$, donnant un rapport de 2.04 entre les volumes des deux cylindres. Le changement de marche était disposé de telle sorte que l'on pût donner à volonté les admissions convenables à chacun des cylindres séparément (1).

On a pu constater que les expériences faites sur cette machine avec

1 Les dessins et la description de cette machine ont été publiés dans le Bulletin de mai 1885 de la Société d'encouragement pour l'Industrie Nationale, à la suite d'un rapport de Henri Tresca sur ce système de locomotive.

les enveloppes fonctionnant n'ont pas donné de bons résultats et que les consommations de vapeur ont été plus élevées que sans enveloppes. Ce fait peut tenir à une mauvaise disposition des enveloppes. Mais, quoi qu'il en soit, si l'on compare les résultats donnés par cette machine fonctionnant sans enveloppes avec ceux obtenus sur la locomotive A. 22, dans les mêmes conditions de pression, on constate en faveur de la première une économie de 17 0/0 dans la dépense de vapeur.

II. Expériences faites avec des trains d'essais.

Les expériences faites à l'atelier de Kiew ont été gênées par l'absence d'un frein puissant et on a dû les faire dans des conditions de puissance et de pression réduites qui ne permettaient pas de généraliser les conclusions à en tirer.

On a fait, dans l'été de 1883, une série d'expériences sur des trains d'essais que les machines A. 7 et A. 22 remorquaient alternativement. C'étaient des trains réguliers mixtes, voyageurs et marchandises, marchant entre Kiew et Fastoff, sur une distance de 62 verstes. Chaque expérience était faite deux fois, l'une avec, l'autre sans enveloppes.

Les précautions les plus minutieuses étaient prises pour les observations. Il y avait sur la machine six expérimentateurs; le premier contrôlait les positions du régulateur et de l'échappement, et notait les indications du compteur de tours; de plus il donnait, à l'aide du sifflet, les signaux pour la prise des diagrammes. Le second notait à chaque minute les indications du compteur et celles du manomètre de la chaudière ; deux autres, assis à l'avant, relevaient les diagrammes d'indicateur à chaque signal et deux autres recueillaient les diagrammes et renouvelaient les papiers sur les tambours des indicateurs. Un de ces derniers devait à chaque arrêt vérifier le niveau d'eau dans les caisses du tender et dans la chaudière, évaluer la quantité d'eau perdue par les injecteurs et recueillie dans des bâches spéciales et mesurer la quantité de bois consommé. Avec les données recueillies, on calculait le travail développé pendant un parcours complet en déterminant séparément le travail pendant les périodes où la machine avait travaillé dans des conditions complètement identiques.

Il est nécessaire d'entrer ici dans quelques détails.

Le travail T réalisé pendant un tour de roue est fonction du diamètre et de la course du piston, c'est-à-dire de données fixes et de la pression moyenne, variable obtenue sur les diagrammes.

Si m est le nombre de tours fait pendant que la machine travaille dans des conditions identiques de pression, de vitesse et de détente, le travail est $T' = m\,T$, et le travail total pendant tout le trajet est

$$T = \Sigma\, T'$$

Pour une même admission, même ouverture du régulateur et même nombre de tours par minute, la pression moyenne p dans chaque côté de chaque cylindre est fonction de la pression P de la vapeur dans la chaudière. Admettant, comme première approximation, que la pression p est sensiblement proportionnelle à P, on a

$$p = f(P) = \mu P$$

le coefficient μ (pour la même introduction) dépendant de l'ouverture du régulateur et du nombre de tours de la machine.

La même formule peut être admise pour la contre-pression dans le petit cylindre d'une machine Compound.

Ce qui concerne la contre-pression aux cylindres de la machine ordinaire, de même qu'au grand cylindre de la machine Compound, ne dépend que très peu de la pression à la chaudière, mais dépend du nombre de tours par minute et de la position des valves d'échappement.

Si on connaît les pressions et contre-pressions moyennes aux cylindres pour chaque côté du piston et le nombre de tours fait avec ces pressions moyennes, on peut évaluer le travail indiqué développé par la machine pendant ce nombre de tours.

Pour fixer les idées, on prendra comme exemple le calcul de l'essai n° 13 fait avec la machine A. 7. Cet essai a été fait avec une admission moyenne de 45 0/0 de la course au petit cylindre et 67,2 0/0 au grand. Pendant l'essai, il a été relevé 60 diagrammes doubles sur chaque cylindre, dont 56 paires pendant l'ouverture complète du régulateur et 4 pendant une ouverture de 1/4. Sur ces 60 paires de diagrammes, 47 ont été relevées avec les valves d'échappement tout à fait ouvertes, 2 avec les valves serrées de 1/8, 7 avec les valves serrées de 1/2 et enfin 4 serrées de 3/4.

On trouve, à l'aide du planimètre d'Amsler, les pressions et contre-pressions moyennes de chaque diagramme; les valeurs obtenues sont groupées dans un tableau où se trouvent les diverses indications relatives aux positions du régulateur, de l'échappement et au nombre de tours. A l'aide de ces valeurs on trace des courbes donnant la loi de variation du coefficient μ avec le nombre n de tours par minute, les abscisses étant proportionnelles aux nombres de tours et les ordonnées aux valeurs de μ.

On opère de même pour la contre-pression p' au grand cylindre. L'examen de ces courbes amène immédiatement à une conclusion très intéressante, confirmée par tous les essais sans exception, savoir *qu'avec l'augmentation du nombre de tours par minute, les pressions moyennes au cylindre diminuent et les contre-pressions augmentent.*

Les nombres de tours par minute n et par période de conditions de marche identique m ont été déterminés au moyen du diagramme du tacho-

phore Klose dont les abcisses représentent les temps, et les ordonnées les nombres de tours par minute.

On remarque que la somme des diverses valeurs trouvées pour *m* doit être égale au nombre de tours donné par le compteur pour le trajet total. On a trouvé en pratique de légères différences provenant des difficultés de mesures des ordonnées de la courbe du tachophore par suite d'une échelle trop petite; ces différences sont corrigées au moyen des observations faites chaque minute au compteur de tours.

Il est facile de concevoir qu'une fois qu'on a les valeurs de *m* et de *n* et les cœfficients μ pour chaque période, on peut avec des calculs laborieux, mais très simples, déterminer le travail effectué par la machine dans chaque période et finalement dans tout le trajet.

On trouve ainsi pour l'essai n° 13 un chiffre de 103,119 lequel, multiplié par la constante 1,385 $\times$ 0,6 qui est le produit de la surface du piston par sa course, donne un total de 85,719,269 kilogrammètres pour le travail développé dans le trajet complet. En rapportant à ce travail le poids d'eau et de bois dépensés pendant le trajet, on obtient la consommation de vapeur et de combustible par unité de puissance.

Un fait intéressant à noter est que, dans la machine A. 7, la pression moyenne initiale à l'admission au petit cylindre ne différait jamais de plus de 10 0/0 de la pression à la chaudière et atteignait en moyenne les 95 centièmes de cette pression, tandis que, pour la machine A. 22, si la pression moyenne pendant l'admission a quelquefois atteint les valeurs de 0,95 et 0,93, elle est descendue à 0,90, 0,80, 0.74, 0,64 0,55 et même 0,53.

La quantité d'eau vaporisée par la même quantité de bois a été très différente pour les deux machines : avec la machine A 22, on a vaporisé 3,33 d'eau pour 1 de bois, et avec la machine A. 7, 3,82. En dehors de la difficulté d'apprécier à vue d'œil la quantité de combustible qui se trouve dans le foyer au commencement et à la fin de chaque essai, il peut y avoir à ces différences des causes sur lesquelles on reviendra plus loin.

Une comparaison intéressante est celle des consommations d'eau et de combustible aux mêmes degrés de détente. Des courbes sont tracées au moyen des éléments fournis par les tableaux résumant les expériences, avec les expansions comme abcisses et les consommations comme ordonnées. La consommation minima a été pour la machine A. 7 de 9,9 kilog. de vapeur par cheval indiqué et par heure pour une expansion de 4,8 fois le volume primitif, et cette consommation s'est élevée à 10,5 kilogs pour une expansion de 3,3 fois; ces chiffres comparés avec les résultats correspondants pour la machine A. 22, donnent en faveur de la première des économies respectives de 22 0/0 et 13 0/0 sur la dépense de vapeur.

Les conclusions tirées de cette partie des essais sont donc que :

1° Pour une même expansion de la vapeur, la dépense d'eau et de combustible par cheval indiqué est moindre dans la locomotive Compound que dans la machine ordinaire.

2° L'économie d'eau et de combustible obtenue dans la machine Compound, dans les mêmes conditions de détente, est d'autant plus grande que la détente est plus forte.

3° Pour la détente maxima (4,8 fois) que l'on pouvait obtenir dans la machine ordinaire A. 22, la machine Compound donne une économie de 22 0/0 sur la consommation de vapeur et de 32 0/0 sur celle de combustible.

Si maintenant on compare le travail fourni par les deux machines pour des consommations égales d'eau et de combustible, en opérant d'une manière analogue et en choisissant des essais où les deux machines se trouvaient dans des conditions de fonctionnement sensiblement égales, on trouve que :

1° Pour une même consommation d'eau et de combustible par heure, le travail de la locomotive Compound est plus considérable que celui de la locomotive ordinaire.

2° Pour une même pression à la chaudière et une même vitesse, l'augmentation de travail fourni par la première diminue à mesure que la consommation générale d'eau et de combustible par heure augmente.

3° Pour une consommation égale de 2,400 kilog. d'eau par heure, avec une pression à la chaudière de 9,6 et une vitesse de 85 tours à la minute, le travail fourni par la machine A. 7 est de 19 0/0 plus grand que celui de la machine A. 22.

4° Dans les mêmes conditions et pour une consommation de combustible de 714 kilog. de bois par heure, le travail fourni par la machine A. 7 est de 32 0/0 plus considérable que celui de la machine A. 22.

Enfin on a fait la comparaison des consommations d'eau et de combustible avec des quantités égales de travail développé, toujours en partant des mêmes bases et on a trouvé que :

1° Pour effectuer un même travail, la locomotive Compound consomme moins d'eau et de combustible que la locomotive ordinaire.

2° Pour une même pression dans la chaudière et une même vitesse, l'économie diminue avec l'augmentation du travail développé.

3° Pour une pression d'environ 9,6 kilog. et une vitesse moyenne de 85 tours par minute et un travail total de 190 chevaux, la locomotive Compound donne, par rapport à la machine ordinaire, une économie de 19 0/0 sur la consommation d'eau et de 29 0/0 sur la consommation de combustible.

On a été amené, dans les calculs, à indiquer séparément le travail effectué dans chacun des cylindres de la machine Compound, et il n'est pas sans intérêt de donner les conclusions auxquelles conduit la comparaison de ces deux parties du travail produit par la machine.

1° Pour une même pression à la chaudière et un même nombre de tours, le rapport des valeurs du travail dans le petit et le grand cylindre varie suivant les variations d'admission dans l'un et l'autre cylindre.

2° Pour une même pression à la chaudière, même nombre de tours et la même admission au grand cylindre, le travail relatif du petit cylindre diminue à mesure que l'admission à ce cylindre augmente.

3° Le rapport du travail du petit et du grand cylindre, pour la même pression à la chaudière, varie avec la vitesse, et, pour la même vitesse, varie avec la pression.

On doit en conclure *qu'il est tout à fait impossible de trouver des combinaisons permanentes d'admission pour les deux cylindres avec lesquelles le travail développé serait le même dans les deux cylindres pour toutes lesvitesses et les pressions qui se présentent dans le service des locomotives.*

Au sujet de l'effet des enveloppes, on a dû reconnaître, dans les expériences faites sur des trains d'essai, que cet effet a été beaucoup plus faible que dans les expériences à l'atelier. Cela peut s'expliquer jusqu'à un certain point par la dépense de vapeur à chaque ouverture du régulateur pour le chauffage des enveloppes et par la condensation inutile de la vapeur renfermée dans les chemises à chaque fermeture du régulateur, pertes qui n'avaient pas lieu dans les expériences à l'atelier de Kiew. L'évacuation, probablement défectueuse, de l'eau condensée dans les enveloppes n'est pas sans influence sur ces résultats.

Si l'effet des enveloppes a été médiocre avec la machine A. 22, il a été tout à fait défavorable avec la machine A. 7 où l'emploi des enveloppes a augmenté la consommation de vapeur.

Ce résultat inattendu peut, jusqu'à un certain point, s'expliquer par les conditions d'établissement et de travail de la machine A. 7.

Dans cette machine, le réservoir intermédiaire entre les deux cylindres est formé d'un gros tube qui traverse la boîte à fumée et y reçoit la chaleur des gaz de la combustion dont la température atteint et dépasse même 300 degrés ; le séchage et même la légère surchauffe de la vapeur dans ce passage doit réduire l'utilité des enveloppes.

De plus, la perte de vapeur pour échauffer les cylindres à chaque mise en route est plus sensible sur la machine A. 7 dont les enveloppes ont une beaucoup plus grande surface que dans la machine A. 22. Enfin, comme la première dépensait beaucoup moins que la seconde, la dépense pour le chauffage des enveloppes représentait une proportion plus grande que pour la machine ordinaire. De plus, il est possible que l'evacuation insuffisante de l'eau de condensation ait eu sa part d'influence.

Il avait été fait, en 1881-82 aussitôt après la transformation de la machine A. 7 en Compound, une série d'expériences comparatives entre cette machine et la machine A. 22.

Les conclusions tirées de ces essais s'accordent complètement avec celles qui ont été déduites des essais de 1883 et qui ont été données plus haut.

III. Dépense de combustible de la machine A 7 et des autres machines de la série A pendant leur service au dépôt Kazatine.

Après un service régulier de 5 années fait par la machine A 7, il est intéressant de comparer les données fournies par les comptes rendus des chemins de fer Sud-Ouest sur la dépense de combustible de cette machine et des autres de la même série pendant leur service au même dépôt dans des conditions aussi identiques que possible.

De cette comparaison l'on trouve que, pendant la période de 1881 à 1885 inclusivement, la consommation moyenne de bois a été :

	Pour toutes les machines de la série A	Pour la machine A 7	Économie en faveur de A 7
	sagènes cubes	sagènes cubes	
Par 1,000 verstes de parcours de locomotives. .	5,12	4,34	15 %
Par 1,000 essieux-verstes de wagons.	0,211	0,159	25 %

Il est utile d'ajouter que, d'après les mêmes comptes rendus, la machine A 7 a, pendant chaque année, travaillé plus économiquement que chaque autre locomotive de la même série du dépôt Kazatine.

IV. Conclusions générales.

On a reporté toutes les consommations par cheval indiqué constatées en mettant en regard les pressions et les détentes; on a trouvé que, quelles que fussent les méthodes employées pour les obtenir, c'est-à-dire essais dans l'atelier ou trains d'essai, les résultats sont d'accord entre eux.

Une première conclusion est que la consommation par cheval augmente régulièrement au fur et à mesure que la pression à la chaudière diminue.

La consommation diminue à mesure que la détente augmente, mais seulement jusqu'à un certain point, représentant une expansion de 3,3 volumes; au delà, la consommation augmente, la dépense avec une expansion de 2,5 volumes est à peine plus forte que celle qui donne une expansion de 5 fois le volume primitif. C'est ce qui explique l'effet désavantageux des cylindres de trop grandes dimensions.

Au contraire, dans la machine Compound, la consommation diminue régulièrement à mesure que l'expansion augmente jusqu'au maximum réalisé, 6,7 fois le volume primitif.

On a constaté que, pour le même degré de détente totale, la consommation minima a lieu pour une admission au grand cylindre de 58 0/0 de la course.

Ce rapport ne s'écarte pas beaucoup de celui des volumes des deux cylindres et on peut dire que ce fait est conforme à la théorie qui indique que l'admission au grand cylindre doit, pour la meilleure utilisation de la vapeur, être constante quelle que soit l'admission au petit cylindre, et dépendante du rapport de volume des deux cylindres.

En tout cas, des admissions supérieures à ce rapport n'ont pas d'influence très sensible, tandis que des admissions inférieures ont un effet des plus désavantageux ; ainsi, des admissions de 40 à 30 °/₀ au grand cylindre ont fait monter, dans l'atelier d'essai de Kiew, la consommation par cheval indiqué de la machine A 7 de 13.30 à 18.38 kilogrammes de vapeur par cheval indiqué, alors que la dépense de cette machine est descendue à 10 et même 9,05.

Ce résultat s'explique si on regarde le diagramme du petit cylindre ; on voit que, pour de faibles admissions au grand, le premier se transforme en un véritable frein donnant un travail négatif, de sorte que, pour une consommation donnée de vapeur, le travail réellement obtenu est réduit presque à la moitié de ce qu'il devrait être.

Les enveloppes de vapeur ont donné dans les essais à l'atelier une économie réelle qu'on peut évaluer en moyenne à 16 et 13 °/₀ ; mais elles n'ont pas donné en service de résultats satisfaisants, ce qui peut être dû en partie à leur disposition.

Le système Compound a donné incontestablement une économie de vapeur, dont l'importance en service ordinaire peut être évaluée à 15 à 20 °/₀.

La plus grande quantité d'eau vaporisée par kilogramme de bois avec la locomotive Compound ne peut pas encore être expliquée d'une manière absolue ; elle peut être en partie le résultat de caractéristiques de la chaudière et du personnel ; mais néanmoins, vu que la machine consomme pour le même travail moins de combustible, elle demandera par suite un tirage plus modéré et aura plus rarement besoin d'un serrage nuisible de l'échappement : de là la possibilité d'une meilleure utilisation du combustible.

D'autre part, la moindre consommation de vapeur permet la production de cette vapeur dans des conditions de vaporisation plus modérées et, par suite, plus économiques. Ces conditions peuvent expliquer en grande partie le résultat d'expérience indiqué plus haut.

La moindre dépense de la machine Compound permet, dans les cas où on dispose d'assez de force de traction et d'adhérence, d'augmenter la composition des trains conduits par cette machine. C'est un des plus sérieux avantages du système Compound que l'on ne doit pas perdre de vue.

Si on considère que la locomotive Compound expérimentée ne présente

presque aucune complication, que sa construction revient à peu près au même prix que celle des locomotives ordinaires, que la moindre consommation entraîne de moindres réparations à la chaudière, de moindres dépenses pour le service d'alimentation, etc., on peut en conclure qu'il y a avantage incontestable à construire les locomotives d'après le système Compound.

Pour terminer, l'auteur désire appeler l'attention sur l'avantage qu'offre un atelier d'essais convenablement outillé pour étudier toutes les conditions de travail des locomotives et de leurs chaudières; on peut s'en faire une idée en comparant les méthodes et procédés décrits dans les parties I et II de ce travail et en remarquant combien les observations dans l'atelier sont simples, précises, faciles à calculer et à vérifier, tandis que les autres sont difficiles, minutieuses, très compliquées, échappant au contrôle et dépendant de toutes les éventualités de la marche des trains. Si l'atelier de Kiew avait été organisé définitivement et surtout pourvu d'un frein capable de mesurer de grandes puissances, on aurait pu y exécuter les expériences dans toutes les conditions de pression, de détente, de vitesse, etc., et se dispenser de recourir aux essais compliqués et difficiles qui ont fait durer ce travail plusieurs années.

M. le Président est certain d'être l'interprète de la Société en remerciant au nom de celle-ci M. Borodine pour le travail important et consciencieux dont elle vient d'entendre le résumé.

Les expériences de M. Borodine éclairent une question qui n'intéresse pas seulement les chemins de fer, mais encore l'industrie en général; elles méritent donc d'être étudiées avec soin. La communication de notre collègue sera insérée *in extenso* dans les bulletins de la Société; si, néanmoins, des membres assistant à la séance désiraient demander à l'auteur quelques explications, la parole leur serait donnée immédiatement.

M. Edmond Roy signale la contradiction qui semble exister entre les faits qui ressortent de la communication qui vient d'être lue et les résultats publiés récemment par un ingénieur en chef du matériel et traction d'une grande ligne. D'après cet ingénieur, l'emploi, sur les machines locomotives, de soupapes de rentrées d'air aux cylindres, de *reniflards* (c'est l'expression), lequel permet à chaque fermeture du régulateur la rentrée d'air froid dans les boîtes à vapeur et les cylindres, amènerait, avec l'usage de tiroirs cylindriques, une économie évaluée au chiffre considérable de 4,000 francs par machine et par an.

Comment concilier ce fait avec l'opinion généralement admise jusqu'ici, qu'il fallait s'attacher à maintenir chaudes les surfaces des capacités dans lesquelles agit la vapeur?

M. Jules Morandière a pris communication du mémoire de M. Borodine et a pu en apprécier la grande valeur. Les expériences qui y sont relatées portent sur un grand nombre de points différents et ont été

exécutées avec les soins les plus minutieux. C'est, à son avis, le travail le plus intéressant et le plus considérable qui ait été fait sur les locomotives depuis les expériences de MM. Vuillemin, Guebhard et Dieudonné, qui remontent déjà à vingt ans.

Un point qui mérite particulièrement d'attirer l'attention des ingénieurs de chemins de fer est l'installation de l'atelier d'expériences qui a servi aux essais des locomotives considérées comme machines fixes.

M. Morandière désirerait savoir comment on a mesuré le travail.

M. Borodine répond qu'il n'a pu employer de frein dynanométrique pour ses expériences, en l'absence d'un appareil de ce genre pouvant absorber les puissances considérables qui étaient en jeu. Il s'est beaucoup préoccupé de cette question et n'a pas renoncé à compléter ses essais dans cette voie. C'est précisément, comme il l'indique dans son mémoire, la difficulté de pouvoir pousser à l'atelier le travail jusqu'au taux suffisant qui l'a obligé à compléter sa première série d'expériences par les essais sur des trains en marche, lesquels ont présenté des difficultés de toute nature et obligé aux constatations délicates et nombreuses et aux calculs interminables dont il a été donné une idée dans le résumé.

M. Mallet désire, avant que la discussion ne soit close, au moins pour cette séance, appeler l'attention de la Société sur un point capital qui ressort de la façon la plus nette des expériences de M. Borodine.

La machine Compound est une machine dont l'efficacité n'a plus besoin d'être défendue, même comme locomotive, mais elle possède la particularité d'être d'une délicatesse extrême ; on peut en obtenir tout ce qu'on veut, d'excellents résultats aussi bien que de très mauvais. Il est donc nécessaire que les expériences sur ces machines soient faites avec le plus grand soin et surtout soient toujours éclairées par l'emploi judicieux de l'indicateur. On ne peut ajouter aucune foi à des essais faits *grosso modo*.

Ce fait tient notamment au rôle capital que jouent dans la machine Compound les introductions relatives aux deux cylindres.

Les deux cylindres de la locomotive ordinaire sont deux organes jumeaux fonctionnant identiquement, l'un comme l'autre. Dans la machine Compound, au contraire, les deux cylindres se commandent ; le petit reçoit plus ou moins de vapeur de la chaudière, mais toute la vapeur qui y entre doit passer par le second ; or, elle peut y passer dans diverses conditions d'introduction et par suite de pressions, qui ont une influence capitale sur le résultat final.

M. Mallet a tracé au tableau des courbes établies d'après des chiffres relevés dans le mémoire de M. Borodine et dans lesquelles, les abscisses représentant les expansions totales de la vapeur, les ordonnées figurent les dépenses de vapeur par cheval et par heure. On voit que pour les mêmes expansions totales, la dépense de vapeur varie d'une manière assez appréciable selon la durée de l'admission de

la vapeur au grand cylindre. On remarquera surtout deux points situés en dehors de ces courbes et correspondant à une dépense de vapeur tout à fait exagérée constatée dans deux cas où, ainsi qu'il a été indiqué dans le résumé ci-dessus, l'introduction au grand cylindre était de 30 et 40 0/0 seulement de la course, c'est-à-dire notablement inférieur au rapport des volumes du grand et du petit cylindre qui, dans l'espèce, était, sans tenir compte des espaces neutres, de 0,49.

La machine a, dans ces conditions de marche, dépensé de une fois et demie à deux fois ce qu'elle aurait dépensé avec des introductions plus élevées au grand cylindre.

On peut tirer de ces faits, parfaitement mis en lumière dans le mémoire de M. Borodine, des conséquences très importantes.

Dans les premières machines Compound construites par M. Mallet, celles du chemin de fer de Bayonne à Biarritz, le rapport des volumes des cylindres était relativement très élevé 2,78 ; le point critique, c'est-à-dire l'admission minima tolérable au grand cylindre, descendait donc à peu près à l'inverse de ce rapport, c'est-à-dire à 36 centièmes de la course du grand cylindre; on voit qu'avec les deux distributions liées, c'est-à-dirc variant ensemble de la même manière, on pouvait encore obtenir une expansion très considérable, soit $\frac{2,78}{0,36} = 7,7$ volumes apparents sans dépasser le point critique. Avec les rapports de 2,25 entre les deux cylindres, les deux distributions peuvent encore à la rigueur rester liées, mais, si on arrive aux environs de 2 volumes et, à plus forte raison, au-dessous, les choses ne ne se passent plus de même.

Il a été fait deux applications dans lesquelles le rapport des volumes n'avait pu dépasser 1,70 dans un cas, 1,85 dans l'autre; le point critique se trouvait donc à 0,59 et 0,54; or à ces introductions aux deux cylindres (les conditions particulières où se faisait l'essai n'ayant pas permis de rendre les admissions indépendantes), l'expansion maxima qu'on pouvait douner à la machine, sans tomber dans les conditions défavorables, se trouvait limitée à $\frac{1,70}{0,59} = 2,8$ et $\frac{1,85}{0,54} = 3,4$ volumes, expansions déjà modérées et qui étaient en réalité bien inférieures si l'on tient compte de l'influence des espaces neutres des cylindres. Ces expansions correspondent à des introductions apparentes de 0,34 et 0,29 avec des machines ordinaires. Il n'est donc pas étonnant qu'on n'ait pas constaté d'économies bien sensibles dans ces essais.

On s'est borné à recueillir ce résultat brut qu'une observation plus attentive aurait permis d'attribuer, non au principe, mais aux conditions particulières de l'application.

La conclusion est que, pour la plupart des cas qui se rencontrent dans l'emploi du système Compound sur les locomotives, il faut employer des distributions indépendantes, comme l'a fait M. Borodine. Quant au danger de voir les machinistes en tirer un mauvais parti et mettre

leurs machines dans des conditions de fonctionnement vicieuses, il est très facile de le prévenir par des moyens pratiques des plus simples, dont l'exposé pourrait trouver place, avec celui des détails de construction, dans une communication ultérieure.

M. Furno rappelle qu'il a été fait à la Compagnie d'Orléans, il y a une trentaine d'années, des essais d'enveloppes de vapeur aux cylindres de machines locomotives; les expériences ont été conduites de manière à obtenir des résultats comparatifs; ces résultats ont été nuls et on a abandonné les enveloppes.

M. Mallet confirme l'observation de M. Furno; il a eu occasion de rappeler avec détails les essais de Camille Polonceau dans son mémoire présenté en 1877 à la Société; il a indiqué, à la même époque, les importantes applications des enveloppes aux locomotives faites par notre collègue M. Maurice Urban au Grand Central belge, applications qui n'ont pas porté sur moins de 27 machines, tant à voyageurs qu'à marchandises, et qui n'ont donné aucun résultat pratique.

Il ne faut toutefois pas se dissimuler que, dans toutes ces expériences, comme dans celles de M. Borodine même, ainsi que ce dernier l'indique dans son mémoire, la circulation de la vapeur dans les enveloppes ne s'effectuait pas d'une manière irréprochable. Il serait donc peut-être prématuré de considérer la question des enveloppes de vapeur dans les locomotives comme tranchée absolument et définitivement dans un sens défavorable.

M. le Président est d'avis que les points qui ont été effleurés aujourd'hui ne peuvent que faire sentir la nécessité d'une discussion plus approfondie sur la communication de M. Borodine. A elle seule, la question de l'emploi des freins, pour la mesure des grandes puissances, mérite une étude des plus sérieuses en présence des difficultés qu'on éprouve dans cet emploi.

L'ordre du jour appelle la communication d'une note de M. Delfosse sur le rôle de la meule à émeri dans le travail des métaux.

M. Delfosse donne lecture de sa note qui sera insérée *in extenso* dans le bulletin mensuel (voir page 219).

M. le Président remercie M. Delfosse de sa très intéressante communication sur un outil destiné à apporter de grandes améliorations dans le travail mécanique. La meule à émeri est déjà très répandue dans les ateliers de chaudronnerie; aujourd'hui, les goussets, les onglets et beaucoup d'ajustages sont effectués à la meule. Il est probable que cette communication contribuera à étendre l'usage de cet outil.

Il est un peu tard pour entendre la communication sur le blutage des terres. Cette communication est remise à la prochaine séance.

La Séance est levée à dix heures et demie.

MÉMOIRE

SUR

L'APPLICATION DES RÈGLES LOGARITHMIQUES

AU

CALCUL DES TERRASSEMENTS

PAR M. LE BRUN (RAYMOND)

AVANT-PROPOS

Le nombre et le nom des Ingénieurs qui se sont occupés de simplifier le calcul des terrassements, démontre suffisamment l'importance qu'on a toujours attachée à la solution de ce problème. Mais quel que soit leur mérite, les méthodes en usage laissent à désirer, soit qu'elles soient établies dans des limites trop restreintes pour un petit nombre de cas, soit que leur emploi soit incertain ou fatigant.

Ayant eu en 1878 à rechercher quelle était celle de ces méthodes qui conciliait le mieux la rapidité du calcul avec une approximation suffisante, j'ai été amené à employer les échelles logarithmiques qui satisfont d'une manière remarquable à toutes les données du problème.

Dans cette voie, je devais nécessairement retomber sur la théorie des anamorphoses de M. Léon Lalanne dont on retrouve le nom dans toutes les méthodes de calcul graphique; la graduation des échelles reposant sur les mêmes principes que de celle de ses tableaux graphiques si répandus, j'ai dû rechercher s'il n'avait pas eu avant moi l'idée d'employer les échelles logarithmiques

pour cet usage. J'ai trouvé en effet dans ses instructions de 1851 sur la règle à calcul : *On pourrait établir une règle de l'Ingénieur-Constructeur des voies de communication à l'aide de laquelle on ferait avec une extrême facilité les calculs de terrassements*, mais à ma connaissance cette idée n'a pas été réalisée.

Trois ans après la première application que j'en ai faite, application qui du reste n'a été connue que d'un petit nombre d'ingénieurs, M. Blum (n° de mars 1881 des *Annales des Ponts et Chaussées*) avait indiqué l'emploi des règles en papier pour faciliter la lecture des tableaux graphiques de surfaces et signalait la possibilité de se servir d'une règle logarithmique en bois pour le calcul des *surfaces* de profils, à établir d'après les principes exposés par M. Lalanne en 1850, sans indiquer toutefois la disposition qu'on pourrait lui donner ; dans une note, le comité de rédaction ajoutait que cette idée déjà émise par M. Toulon ne pourrait avoir d'effet utile que par la construction d'un instrument établi pour chaque gabarit spécial, ce qui équivaudrait à une quasi-impossibilité pratique.

On peut éviter cet inconvénient au moyen d'un petit artifice de calcul. L'instrument que nous avons établi donnant d'un seul mouvement soit les *emprises*, soit les *surfaces* et les *volumes* pour tous les cas que l'on rencontre dans la pratique, se réduit à une simple réglette que l'on adapte à la règle à calcul servant en même temps aux études au tachéomètre, et aux calculs algébriques. L'approximation qu'elle permet d'obtenir est bien supérieure à celle que comporte la nature du problème et le temps employé n'est guère que le tiers des anciennes méthodes les plus rapides.

Nous avons à remercier MM. Carpentier et Violet, membres de la Société, qui ont bien voulu se charger de la construction de la règle, ainsi que nos camarades MM. Vallot et Renaudin qui nous ont aidés dans les longs et fastidieux calculs de la graduation des 19 échelles tracées sur la règle.

La discussion des formules peut faire paraître la théorie, quoique très simple au fond, trop compliquée pour confier les calculs à des agents secondaires. L'application dégagée des considérations théoriques en est, au contraire, assez facile pour que nous ayons pu faire exécuter pratiquement ces calculs, de même que ceux des carnets de tachéomètre, au bout de quelques heures d'apprentissage, par des agents n'ayant reçu qu'une éducation primaire.

CHAPITRE I

Calcul des terrassements

§ 1. — FORMULES GÉNÉRALES

Nous rappellerons en quelques mots les principes à peu près universellement admis pour le calcul des terrassements.

La surface du sol échappe sauf de rares exceptions à toute loi géométrique, mais on admet qu'elle est définie avec une approximation suffisante, par la détermination d'un nombre de points assez rapprochés pour qu'on puisse l'assimiler entre quatre quelconques de ces points à une surface gauche engendrée par une droite EH (fig. 1) s'appuyant sur deux directions EF, GH, qu'elle divise en parties proportionnelles.

Dès lors le solide déterminé par le cube des terres remuées peut être décomposé en un certain nombre de prismes droits ou tronqués et de pyramides dont on peut calculer tous les éléments.

Sans nous arrêter à la discussion des formules générales, nous examinerons le cas le plus ordinaire de la pratique dans lequel la base ABCD est un rectangle.

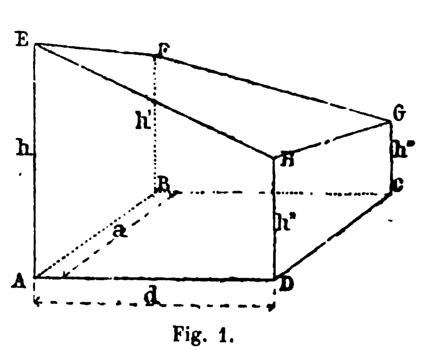


Fig. 1.

On sait que le volume ainsi défini est donné par la formule

$$V = ad\,\frac{h + h' + h'' + h'''}{4}$$

que l'on peut mettre sous la forme

$$V = a\,\frac{h + h'}{2} \times \frac{d}{2} + a\,\frac{h'' + h'''}{2} \times \frac{d}{2} \qquad (1)$$

Or, $a\frac{h+h'}{2}$ est la surface du profil AEFB, $a\frac{h''+h'''}{2}$ est la surface du profil DCGH d'où le théorème fondamental :

Le volume compris entre deux profils est égal à la somme des volumes obtenus en multipliant la surface de chaque profil par la demi-distance qui les sépare.

§ 2. — Méthode des profils en travers

Les éléments des voies de communication sont définis dans les projets :

1° — Par le tracé de l'axe composé d'une série d'alignements droits ou courbes. Le développement du cylindre vertical passant par cette ligne, constitue le *profil en long*.

2° — Par une série de coupes menées par des plans verticaux normaux au profil en long, dont la distance doit être assez faible pour donner une représentation suffisamment approchée du terrain. Ce sont les *profils en travers*.

On suppose que le terrain entre deux quelconques de ces profils est limité par la surface gauche engendrée par une droite se mouvant parallèlement au plan du profil en long et s'appuyant sur les lignes du profil en travers.

En courbe, le profil en long se trouvant sur un cylindre vertical, on suppose que la génération de la surface est la même qu'en alignement droit sur le cylindre développé.

En ramenant le cylindre à sa position vraie, les génératrices se sont transformées en hélices tracées sur des cylindres verticaux parallèles à celui du profil en long.

Les surfaces du terrain se trouvant ainsi géométriquement définies, il devient possible de résoudre les divers problèmes qui constituent l'étude complète du projet.

Nous nous occuperons seulement du volume des terrassements.

On décompose le volume compris entre deux profils au moyen de plans verticaux parallèles à l'axe, en un certain nombre de solides à bases rectangulaires, trapézoïdales ou triangulaires, que l'on peut calculer au moyen des formules générales ; mais ce calcul est long, très pénible, aussi ne l'emploie-t-on que pour les règlements défini-

tifs de terrassements dont le prix unitaire est très élevé, et jamais aux études des projets.

Aussi admet-on, dans presque toutes les administrations, les hypothèses suivantes :

1° — Les alignements courbes étant presque toujours circulaires, les solides engendrés sont des solides de révolution dont le volume, si la section restait constante, serait le produit de la surface méridienne par la longueur de l'arc passant par le centre de gravité.

Dans la pratique on prend pour longueur de l'arc, la longueur mesurée sur le profil en long, bien que le centre de gravité de la surface soit bien rarement sur cet axe.

2° — On admet comme vraie la formule (1) quelle que soit la forme du profil.

Cherchons l'erreur commise par cette hypothèse. Soient ABCD, MNPQ, deux profils de surface S et S′, séparés par une distance AM = d.

Nous supposons la largeur a = AB du gabarit constante.

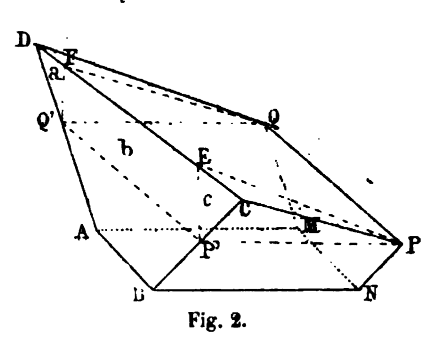


Fig. 2.

Par l'horizontale PP′ et la ligne PQ menons le plan PP′. Nous décomposons le volume donné en 2 autres, le prisme droit NQ′ qui a pour mesure

$$v = S'd$$

Le second PDCQP′Q′ que nous décomposerons lui-même en 3 autres en menant des plans verticaux par les droites PP′, QQ′.

Le quadrilatère CDP′Q′ est divisé par les traces de ces plans en 3 figures a, b, c, dont la somme a pour valeur $a + b + c = S - S'$.

La formule (4) (page 154) nous donne pour le volume PQP′Q′EF, prisme tronqué à base rectangulaire terminé par une surface réglée

$$v_1 = \frac{bd}{2}$$

Les volumes QQ′DF, PP′CE sont des pyramides triangulaires ayant pour mesure :

$$v_2 = \frac{ad}{3} \qquad v_3 = \frac{cd}{3}$$

Le volume total est donc égal à

$$V = S'd + \frac{bd}{2} + \frac{ad}{3} + \frac{cd}{3} = \frac{d}{6}\left\{6\,S' + b + 2\,(S - S')\right\}$$

Le volume donné par la formule approchée a pour mesure

$$V' = \frac{S + S'}{2}\,d$$

Faisant la différence, on trouve

$$V' - V = \frac{d}{6}\,(a + c)$$

Les formules adoptées dans la pratique donnent donc un volume approché par excès, et l'erreur est égale à la moitié des volumes des pyramides obtenues en décomposant le solide par des plans verticaux parallèles au profil en long.

3°. — Dans le cas de passage de remblai à déblai, si la ligne du terrain est horizontale dans les deux profils, la ligne de passage sera une droite parallèle au plan des profils, et sa distance au profil S sera donnée par la formule

$$d = \frac{h \times AA'}{h + h'} \qquad (2)$$

Le volume aura pour mesure

$$V = S\,\frac{d}{2}$$

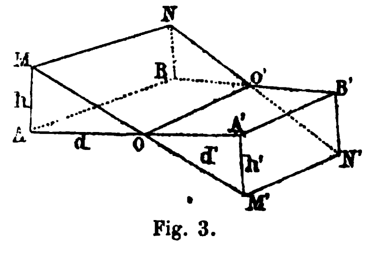


Fig. 3.

Si le terrain est en pente transversale, la ligne de passage OO′ devient oblique, et on devrait avoir recours à une décomposition en prismes et pyramides, mais pour abréger les calculs, on admet que la distance moyenne d est proportionnelle aux surfaces S et S′ des deux profils, et donnée par la formule

$$d = \frac{SL}{S + S'} \qquad (3)$$

La formule donne le maximum d'erreur lorsque la figure ABo se réduit à un triangle. Le cube est toujours approché par excès.

Profils mixtes. — Les profils mixtes sont ceux (fig. 6, page 164) qui sont partie en déblai, partie en remblai.

Lorsque les parties en déblai et en remblai correspondent entre elles sur les deux profils consécutifs, on les traite comme si on

avait affaire à des profils séparés en déblai et en remblai, en multipliant les surfaces partielles par les demi-distances correspondantes.

Si au contraire la partie en déblai correspond à la partie en remblai dans les profils consécutifs, on calcule la distance applicable par la formule (3) (page 157).

Il y a lieu de faire les remarques suivantes :

— Le cube est toujours approché par excès, ce qui n'offre pas de grands inconvénients, surtout pour les avant-projets.

— Lorsque la pente longitudinale du terrain, dans le sens du profil en long est faible, les profils en travers, même dans le cas d'une pente transversale un peu forte, varient lentement de l'un à l'autre, on peut donc les espacer sans inconvénient.

— Lorsque la pente du terrain est forte dans le sens du profil en long, même lorsque la pente transversale est nulle, les profils en travers diffèrent beaucoup les uns des autres, il convient de les rapprocher.

— Nous ne parlerons pas des autres méthodes proposées pour évaluer le volume des terrassements, moins simples que la précédente, elles n'ont pas été adoptées.

La plus connue est celle imaginée par M. de Noël en 1836, substituant à la moyenne des profils, un profil médian pris au milieu de la longueur de chaque solide. Les résultats obtenus sont approchés par défaut.

CHAPITRE II

Calcul des surfaces des profils en travers et des largeurs d'emprise.

§ 1er. — FORMULES DES PENTES MOYENNES

De ce qui précède il résulte que la principale opération du calcul des terrassements est le calcul des surfaces des profils en travers.

Pour simplifier cette opération extrêmement laborieuse quand le terrain est accidenté, on remplace les pentes variables de chaque côté de l'axe par une pente moyenne transversale, le demi-profil considéré aura donc la forme de la figure 5 (page 162).

Pour déterminer la surface ABCD on remarque que l'on connaît

$h = AC$ *la cote rouge du projet ;*

$t = \text{Tg DBF} = \text{Tg}\ \beta$ *le talus choisi pour les terrassements ;*

$p = \text{Tg DCO} = \text{Tg}\ \alpha$ *la pente transversale du terrain ;*

$a = AB$ *la 1/2 largeur de la plate-forme.*

Il s'agit de déterminer *la largeur d'emprise* $l = ED$
la surface du quadrilatère $S = ABCD$

or, on a $l = a + BF$ $\quad BF = \frac{DF}{t} = \frac{h + CE}{t}$

d'où

$$l = a + \frac{h + CE}{t}$$

d'un autre côté on a dans le triangle CED

$$CE = l \times p$$

par suite

$$l = \frac{h + at}{t - p} \qquad (4)$$

La surface S est égale au trapèze AEDB moins le triangle CED

$$S = \frac{a + l}{2} \times (h + CE) - CE \times \frac{l}{2}$$

d'où en simplifiant

$$S = \frac{(at + h)^2}{2(t - p)} - \frac{a^2 t}{2} \qquad (5)$$

La valeur de a est constante pour de longues sections de la voie étudiée, le valeur de t est ordinairement de 1 pour les déblais, de 0,667 pour les remblais, on peut donc considérer les profils comme déterminés par la pente moyenne p et la cote rouge h, et se dispenser de les rapporter pour les calculer.

Les méthodes imaginées pour abréger les calculs ont toutes pris comme base les formules précédentes, assez complexes, depuis les tables de Fourier jusqu'au profilomètre Ziégler. Elles se groupent en deux catégories bien distinctes, les tables numériques et les tableaux graphiques.

Les tables numériques comme celles de Coriolis 1836 et celles de Lefort 1861 donnent des résultats satisfaisants, mais elles sont calculées dans des limites de pentes ne dépassant pas 0,25 et ne s'ap-

pliquent qu'à un nombre de largeurs de plates-formes a restreint, et à deux inclinaisons de talus $t = 1$ et $t = 0,667$ usitées pour les déblais et remblais.

En France seulement il existe plus de 50 types différents de plates-formes pour les chemins de fer, sans compter les routes et les chemins vicinaux de toutes catégories. En poussant les tables jusqu'à $p = 1,00$ on aurait pour la collection de ces tables, une véritable bibliothèque qui aurait encore l'inconvénient de ne se prêter à aucune variante.

Leur emploi n'est du reste pas très rapide.

Les tableaux graphiques, en première ligne desquels il faut citer ceux de M. L. Lalanne, inspecteur général des Ponts et Chaussées, et ensuite ceux de notre collègue, M. Rouit, ont l'inconvénient d'être peu exacts à moins d'être établis à une très grande échelle, de fatiguer beaucoup la vue par la multiplicité des lignes qui se croisent, enfin de se détériorer rapidement.

Il faut, de plus, les établir pour chaque cas particulier que l'on considère ; ces inconvénients sont assez graves pour rendre leur emploi pénible et incertain.

§ 2. — FORMULES DE LA COTE SUR L'AXE

Aussi, dans les calculs d'avant-projet, se contente-t-on souvent de calculer les terrassements par la méthode de la *cote sur l'axe*, dans laquelle on admet que le terrain est horizontal, ce qui revient

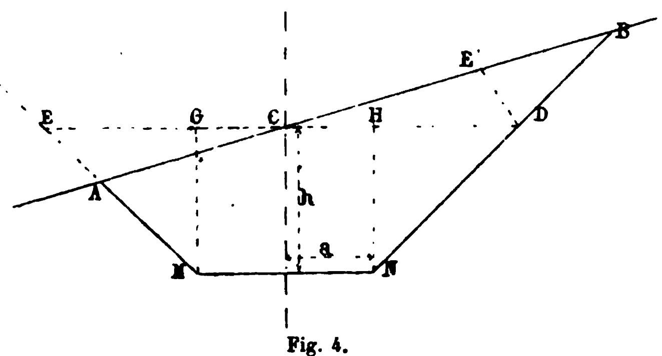


Fig. 4.

à supposer que le triangle AEC est égal au triangle CDB (fig. 4).

On néglige, en supposant la pente uniforme, le triangle E'DB dans lequel DE' est parallèle à AE ; lorsque la pente est forte l'erreur commise peut devenir importante.

La surface du trapèze EDMN a pour mesure

$$S = \frac{MN + ED}{2} \times h = \left(a + \frac{h}{t}\right) h = ah + \frac{h^2}{t}$$

fonction du 2e degré dont on calcule facilement les valeurs par différences.

L'emprise ED a pour valeur

$$l = 2\left(a + \frac{h}{t}\right)$$

Comme ces tableaux se calculent rapidement, que l'approximation est suffisante tant que les pentes ne dépassent pas $0^m,10$, à défaut d'autres, cette méthode peut rendre certains services, mais il faut bien se garder de l'employer au delà de cette limite.

Nous avons eu en 1878 l'occasion de vérifier un tracé à flanc d'un coteau très abrupt, dont les calculs avaient été faits par ce procédé. L'erreur dépassait 20 0/0. Il a fallu remanier entièrement le tracé malgré de graves embarras, augmentés du mécompte causé par l'insuffisance des devis, c'est à la suite de ces difficultés que j'ai été amené à comparer les différentes méthodes en usage.

En discutant la formule (5)

$$S = \frac{(at + h)^2}{2(t - p)} - \frac{a^2 t}{2}$$

on a, en développant,

$$2pS - 2tS + a^2 tp + 3ath + 2h^2 = o$$

et en posant $p = x$, $S = y$, on peut mettre sous la forme

$$2xy + a^2 tx - 2ty = 3ath + 2h^2.$$

Équation d'une hyperbole dont les asymptotes sont parallèles aux axes de coordonnées ; leurs équations sont

$$\alpha = t \qquad \beta = -\frac{a^2 t}{2}$$

l'équation de la courbe rapportée à ses asymptotes prend la forme

$$x'y' = m^2$$

Habitué par les études au tachéomètre au profit que l'on tire de l'usage de la règle à calcul, il nous vint immédiatement à l'esprit que l'on pouvait au moyen d'une échelle spéciale employer ce nouveau mode de calcul. Une échelle fut improvisée en collant une bande de papier sur un de ces instruments, et en deux jours

il nous fut possible de calculer une variante dont les calculs exacts avaient demandé près de trois semaines. L'approximation obtenue était supérieure à celle que comporte la nature même du problème.

CHAPITRE III

Établissement des formules servant de base aux échelles logarithmiques.

§ 1er. — MÉTHODE DES DEMI-PROFILS

a. — *Profils complets.*

Considérons un demi-profil ABCD et conservons les notations précédentes.

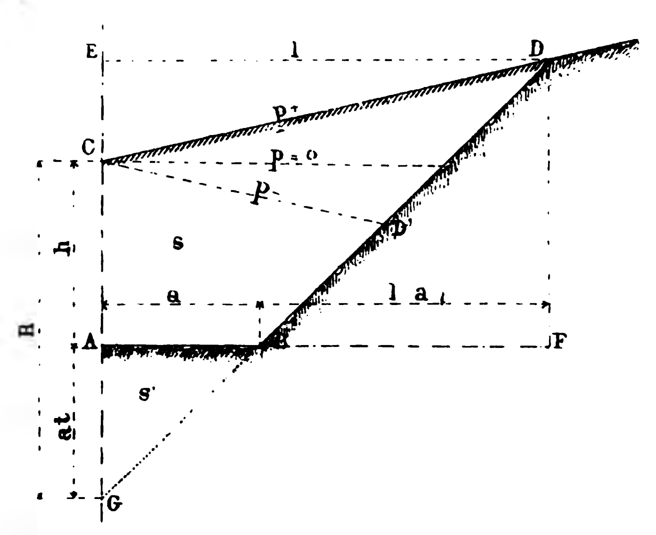


Fig. 5.

Données :

a = AB	*Largeur de la demi-plate forme.*
h = AC	*Cote rouge du projet.*
p = Tg DCO = Tg α	*Pente du terrain.*
t = Tg DBF = Tg β	*Talus adopté pour les terrassements.*

$$\left.\begin{aligned} GA &= at \\ s' = GAB &= \frac{a^2 t}{2} \\ H = GC &= h + at \end{aligned}\right\}$$ *Valeurs constantes pour un même projet.*

Inconnues :

$l = ED$		*Largeur d'emprise.*
$S = ABCD$		*Surface du Demi-Profil.*
$S' = GCD$		*Triangle auxiliaire.*

Dans le triangle GED nous aurons $lt = EG$.

Dans le triangle EDC on a $lp = EC$.

Retranchons membre à membre $l(t - p) = EG - EC = H$

d'où
$$l = \frac{H}{t - p} \qquad (6)$$

la surface $S = ABCD$ du demi-profil est égale à la différence de deux triangles

$$S = GCD - GAB = S' - s'.$$

Mais si nous remarquons que le triangle $s' = GAB = \frac{AB \times AC}{2} = \frac{a^2 t}{2}$

est constant pour toute la série de profils constituant un remblai ou un déblai, nous pouvons substituer au profil ABCD le triangle $GCD = S'$, dont il ne diffère que par une constante.

Or, la surface du triangle considéré a pour mesure

$$S' = GCD = \frac{GC \times ED}{2} = \frac{lH}{2}$$

ou en remplaçant l par sa valeur

$$S' = \frac{H}{2} \times \frac{H}{t - p} = \frac{H^2}{2(t - p)}$$

que nous pouvons mettre sous forme d'une quatrième proportionnelle

$$S' = \frac{H^2}{t - p}\, 0{,}5 \qquad (7)$$

Sous cette forme, on voit qu'en traçant sur la réglette d'une règle à calcul une échelle logarithmique donnant les valeurs de $t - p$, correspondant aux différentes valeurs de la variable p, nous pourrons calculer la valeur de l'emprise, et celle du profil avec la même échelle $t - p$.

Si au lieu de considérer le triangle GCD on considère le triangle GCD′ on trouvera facilement les formules

$$l = \frac{H}{t + p} \qquad S' = \frac{H^2}{t + p} \times 0{,}5$$

En convenant de donner à p le signe + lorsque le terrain est en rampe, le signe — quand le terrain est en pente, ces formules rentrent dans les formules (6) et (7) (page 163) qui deviennent générales quel que soit le sens de la pente.

La valeur de a n'entrant pas dans les formules (6) et (7), elles s'appliquent indistinctement à toutes les valeurs possibles de la plate-forme dont on tient compte au moyen du triangle $s' = \frac{a^2 t}{2}$.

Mais dans les calculs il n'est pas besoin de retrancher la constante s' de chacun des profils, il suffit d'enlever du cube de la série de profils constituant un remblai ou un déblai, le prisme ayant pour base le triangle AGB et pour longueur celle de la tranchée considérée.

On peut tenir compte du bombement de la plate-forme, des fossés, des banquettes, sans modifier le calcul des profils ; il suffira une fois pour toutes de calculer la surface GAB modifiée suivant le gabarit adopté, et de la substituer au triangle que nous avons primitivement considéré (fig. 9, pl. 126).

b. — *Profils mixtes.*

Les formules fondamentales s'appliquent également aux profils mixtes c'est-à-dire à ceux qui sont partie en remblai, partie en déblai.

Le profil mixte (fig. 6) n'est qu'un cas particulier de la (fig. 5) lorsque la ligne du terrain coupe la plate-forme.

Le triangle AFC $= S_1$ est en remblai, le triangle FBD $= S_2$ en déblai. Conservons les anciennes notations, nous aurons.

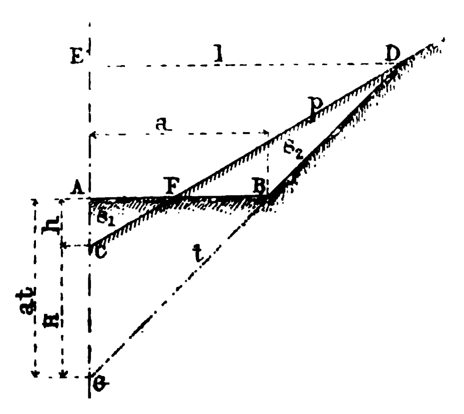


Fig. 6.

$$GC = H = at - h$$

Nous avions précédemment $H = at + h$, la formule sera générale si on donne à h le signe — quand il est compté au-dessous de la plate-forme.

$$S_1 = CAF = \frac{AF \times h}{2} = \frac{h^2}{2p}$$

$$S_1 = \frac{h^2}{p} \times 0{,}5 \qquad (8)$$

on a de plus

$$S_2 = FBD = GCD - (GAB - CAF)$$

remarquant que

$$S' = GCD = \frac{H^2}{t-p} \times 0,5$$

on aura

$$S_2 = S' + S_1 - s' \qquad (9)$$

et

$$l = \frac{H}{t-p}$$

La constante s' s'appliquant à la série continue des profils considérés, on ne fera la soustraction qu'en une seule fois, en retranchant du volume total en déblai le volume du prisme ayant GAB comme base.

Les calculs sont donc extrêmement simples, et ne diffèrent des calculs du profil complet que par la somme des 2 nombres $S' + S_1$ qu'il convient d'écrire dans les imprimés au lieu du nombre S'.

Si h au lieu d'être en remblai était en déblai, il suffirait de rabattre la figure 6 autour de AB, et on retomberait sur les mêmes formules. Le profil en long n'indique pas si le profil est mixte ou complet, pas plus que la règle, mais avec un peu d'attention on les reconnaît facilement.

En premier lieu si h est en remblai on a $p > o$

— si h est en déblai $p < o$

S'il y a profil mixte $AF = \frac{h}{p} < a$

toutes les fois donc que l'on sera averti par le signe de p, on devra faire la vérification de $\frac{h}{p} < a$, dans les environs des points de passage, principalement lorsque les valeurs absolues de a et p seront fortes, et celle de h faible.

§ 2. — MÉTHODE DES PROFILS ENTIERS

c. *Profils complets.*

D'après ce qui précède, le profil entier présente la forme de la figure 7 (page 166), le terrain étant limité de part et

d'autre de l'axe par les pentes p et p'. Si ces pentes sont différentes, il faut calculer séparément chacun des demi-profils, mais si au contraire $p = p'$, c'est-à-dire si la pente du terrain est uniforme sur toute la section du profil, on peut simplifier les opérations.

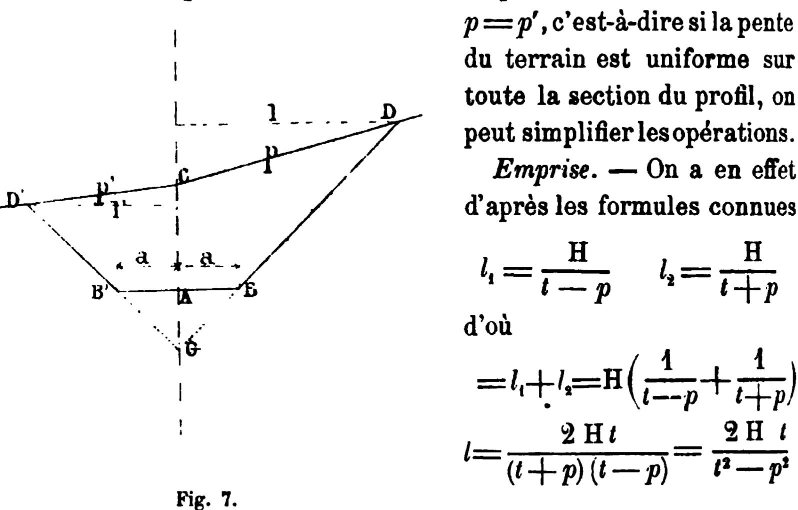


Fig. 7.

Emprise. — On a en effet d'après les formules connues

$$l_1 = \frac{H}{t-p} \qquad l_2 = \frac{H}{t+p}$$

d'où

$$= l_1 + l_2 = H\left(\frac{1}{t-p} + \frac{1}{t+p}\right)$$

$$l = \frac{2\,H\,t}{(t+p)(t-p)} = \frac{2\,H\,t}{t^2 - p^2}$$

Surfaces. — On a pour les surfaces S'_1 et S'_2 les formules

$$S'_1 = \frac{H^2}{t-p} \times 0{,}5 \qquad\qquad S'_2 = \frac{H^2}{t+p}\,0{,}5$$

d'où

$$S' = S'_1 + S'_2 = \frac{H^2 t}{(t-p)(t+p)} = \frac{H^2 t}{t^2 - p^2}$$

Sous cette forme on voit qu'on peut calculer les emprises et les surfaces au moyen de l'échelle logarithmique donnant les valeurs de $t \mp p$ au moyen de deux mouvements de la réglette, réduisant ainsi de moitié les valeurs à inscrire sur les tableaux ainsi que les calculs subséquents.

Mais on peut encore simplifier davantage, si on met ces formules sous la forme

$$l = l_1 + l_2 = \frac{2\,H\,t}{t^2 - p^2} = \frac{2\,H}{\frac{t^2 - p^2}{t}} = \frac{2\,H}{i} \qquad (10)$$

en posant

$$i = \frac{t^2 - p^2}{t}$$

$$S' = \frac{H^2 t}{t^2 - p^2} = \frac{H^2}{\frac{t^2 - p^2}{t}} = \frac{H^2}{i} \qquad (11)$$

la surface du profil sera donc en posant $s' = GB'B = a^2t$

$$S = S' - GB'B = S' - a^2t = S' - s'.$$

Il suffira donc de tracer sur la réglette une échelle logarithmique donnant les valeurs de $i = \frac{t^2 - p^2}{t}$ pour avoir d'un seul mouvement soit les surfaces, soit les emprises du profil complet.

Cette méthode suppose comme nous l'avons vu que la pente soit uniforme sur toute la largeur du profil; la rapidité est donc gagnée aux dépens de l'exactitude, mais en matière d'avant-projet on peut d'autant mieux s'en contenter que les pentes du terrain sont données généralement par l'écartement des courbes de niveau, et par suite l'erreur provenant de leur appréciation est bien supérieure aux erreurs provenant de ce mode de calcul.

d. — *Profils mixtes, dans le cas des profils entiers.*

Dans la figure 8 appelant $S_1 = FBD$ *la surface en déblai.*
$S_2 = IB'F$ *la surface en remblai.*

On a surface en déblai

$$FBD = GD'D - (GB'B - D'B'F)$$

$$GD'D = \frac{H^2}{i} \qquad GB'B = a^2t$$

$$B'D'F = \frac{\overline{B'F}^2}{t+p} \qquad B'F = a - \frac{h}{p}$$

par suite
$$S_1 = \frac{H^2}{i} + \frac{\overline{B'F}^2}{t+p} - a^2t$$

La valeur de S est donnée par les formules (8) et (9) (pages 164 et 165).

Ces opérations quoique très simples en elles-mêmes, demandent un certain temps, elles obligent à changer d'échelle, elles allongent donc très sensiblement la durée des calculs.

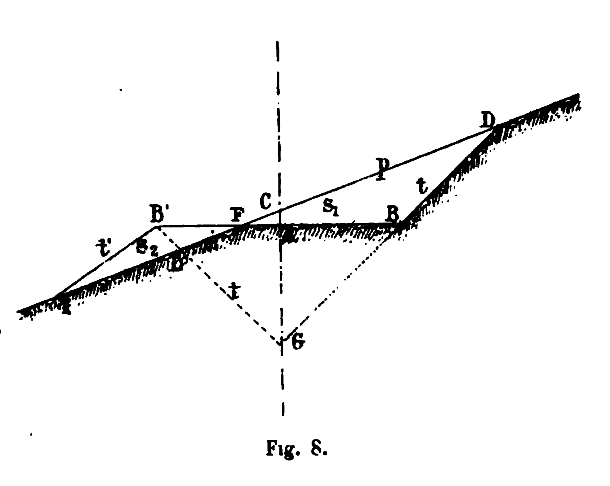


Fig. 8.

Si on n'en tient pas compte, on voit que dans le cas de la figure, on a négligé le remblai et qu'on a trouvé un cube de déblai trop faible bien qu'il n'y ait pas nécessairement compensation.

Par suite, l'erreur sur les transports sera faible et relativement plus forte sur les cubes.

Nous pensons donc qu'il convient de ne tenir compte des profils mixtes, que si l'on a besoin d'une grande approximation, et en ce cas il est préférable de faire les calculs par la méthode des demi-profils.

§ 3. — MÉTHODE DE LA COTE SUR L'AXE

On peut mettre la formule $S' = \frac{H^2 t}{t^2 - p^2}$ sous la forme $S' = \frac{H^2}{t - \frac{p^2}{t}}$

si p est petit $\frac{p^2}{t}$ sera négligeable, et l'on pourra prendre pour valeur approchée de S'.

$$S' = \frac{H^2}{t} \qquad (12)$$

Formule calculable à la règle

En pratique on peut se dispenser de tenir compte des pentes dans les calculs d'avant-projets lorsque

$p = 0,05$ pour les talus inférieurs à l'unité.

$p = 0,1$ pour les talus supérieurs à l'unité.

L'emprise est donnée par la formule

$$l = \frac{H}{t} \qquad (13)$$

§ 4. — CALCUL DES VOLUMES ET DES SURFACES D'EMPRISES

Nous avons vu que le volume compris entre deux profils était supposé égal au produit de la surface de chacun des profils par la demi-distance qui les sépare

$$v = S_0 \frac{d_0}{2} + S_1 \frac{d_0}{2}$$

Le volume total compris entre plusieurs profils, se compose de la somme de ces volumes partiels

$$V = S_0 \frac{d_0}{2} + S_1 \frac{d_0 + d_1}{2} + S_2 \frac{d_1 + d_2}{2} + \ldots$$

de même l'emprise totale E aura pour expression :

$$E = l \frac{d_0}{2} + l_1 \frac{d_0 + d_1}{2} + \ldots$$

Comme préparation à ces calculs, il faut déterminer à l'avance et inscrire à côté du numéro de chaque profil la distance réduite $d_0 + d_1 = d$, et l'on a :

$$V = \Sigma S d \qquad E = \Sigma l d$$

Dans les calculs à la règle, il y a lieu de modifier un peu ces dispositions.

a. — *Méthode des demi-profils.*

En multipliant la surface par la distance correspondante,on a :

$$V = \left(\frac{H^2}{t \mp p} \times 0{,}5\right) \frac{d_0 + d_1}{2} = \frac{H^2}{t \mp p} \times \frac{d_0 + d_1}{4}$$

en posant, distance réduite,

$$d' = \frac{d_0 + d_1}{4} \qquad d = \frac{d_0 + d_1}{2}$$

on a

$$V = \frac{H^2}{t \mp p} d' \qquad (14)$$

Pour les emprises on a

$$e = \frac{H}{t \mp p} \frac{d_0 + d_1}{2}$$

$$e = \frac{H}{t \mp p} d \qquad (15)$$

On voit que les distances réduites d' correspondant aux volumes, ne sont que la moitié des distances réduites d correspondant aux emprises.— Il est bon sur les imprimés (tableau n° 1, col. 9 et 18) d'inscrire séparément chacune de ces valeurs.

Ces formules étant des quatrièmes proportionnelles peuvent se calculer d'un seul mouvement de la réglette.

b. — *Méthode des profils entiers.*

Les formules sont, comme il est facile de le voir

Volumes, $$V = \frac{H^2}{i} d \qquad (16)$$

Emprises, $$ld = \frac{H}{i} 2d \qquad (17)$$

On aura soin, dans la préparation des calculs, de tenir compte de la différence des distances réduites applicables aux surfaces et aux emprises, comme il a été dit plus haut.

Le procédé est le même pour la méthode de la cote sur l'axe.

Remarque. — On voit donc, par ce qui précède, que quelle que soit la méthode :

pour les volumes, *la règle donne d'un seul mouvement, à la fois, les surfaces et les volumes* ;

pour les emprises, *la règle donne d'un seul mouvement, à la fois, les largeurs et les surfaces.*

Suivant les besoins du travail, on conservera la valeur des surfaces et des largeurs d'emprises ou l'on se contentera d'écrire le résultat final.

§ 5. — SURFACE DES TALUS

On a besoin de connaître la surface des talus, pour évaluer le prix de leur règlement.

La longueur du talus BD (fig. 5, page 162) est l'hypothénuse du triangle rectangle BDF.

$$\overline{BD}^2 = \overline{BF}^2 + \overline{FD}^2$$

Or, on a $BF = l - a$ $\qquad DF = (l - a)\, t$

par suite $DB = (l - a)^2 + (l - a)^2 t^2 = (l - a)^2 (1 + t^2)$

d'où $BD = (l - a) \sqrt{1 + t^2}$

la surface du talus sera égale à $\Sigma\, BD\, d = \Sigma\, (l - a)\, d \sqrt{1 + t^2}$

$$\Sigma\, BD\, d = (\Sigma\, ld - \Sigma\, ad) \sqrt{1 + t^2} \qquad (18)$$

c'est-à-dire qu'il faudra retrancher de l'emprise totale Σd la sur-

face de la plate-forme Σ *ad* entre les profils considérées et multiplier la différence par $\sqrt{1+t^2}$.

Ces calculs se faisant en une fois pour chaque série non interrompue de profils constituant une tranchée ou un remblai, il est inutile d'établir des échelles spéciales, la règle ordinaire suffisant pour cet objet.

CHAPITRE IV

Application des formules. — Calculs auxiliaires.

§ 1er. — Calcul des profils spéciaux

Les échelles logarithmiques peuvent également s'appliquer comme nous allons le voir au calcul des profils spéciaux que l'on rencontre dans la pratique, leur usage est encore dans ce cas extrêmement avantageux.

1° — *Le terrain est en pente brisée* ABC (fig. 9). — Prolongeons la ligne CB jusqu'à l'axe en D.

La surface cherchée OABC est égale à la différence des triangles ODC, ADB.

Dans le triangle ADB nous connaissons l'emprise b, les talus p et p', appliquons les formules fondamentales

$$b = \frac{AD}{p - p'}$$

d'où

$$AD = b\,(p - p')$$

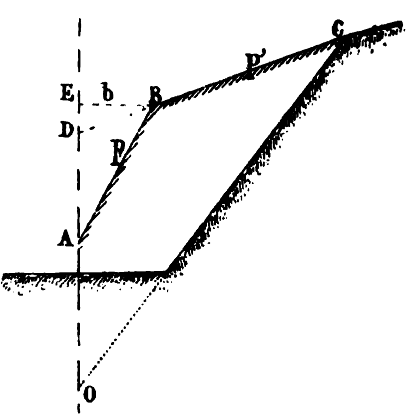


Fig. 9.

$$ADB = \frac{1}{2}\,AD \times b = \frac{\overline{AD}^2}{p - p'} \times 0{,}5$$

ou bien

$$\text{ADB} = \frac{b^2}{2}(p - p)'$$

d'un autre côté on a

$$\text{ODC} = \frac{\overline{\text{OD}}^2}{2(t - p')} = \frac{(\text{H} + \text{AD})^2}{2(t - p)}$$

2° — *Élargissement d'une plate-forme en raidissant le talus* fig. (10). — Appelant p *l'ancien talus*,

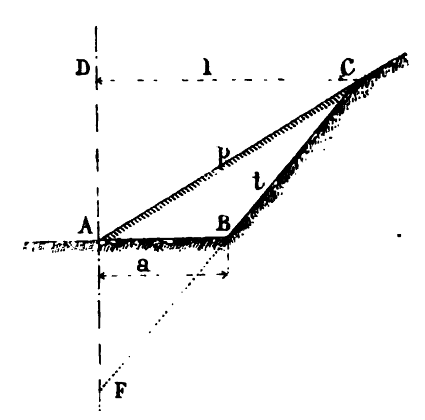


Fig. 10.

t le nouveau talus,

a la largeur de *l'élargissement*, prolongeons le talus jusqu'à sa rencontre F avec le verticale AD, nous déterminerons un triangle AFC dont nous calculerons la largeur d'emprise l et la surface par les formules connues au moyen de l'échelle log. $(t - p)$.

3° — *Élargissement d'une plate-forme en conservant l'ancien talus* (fig. 11). — Ce qui est le cas de la transformation d'un chemin de fer à une voie en chemin de fer à deux voies.

Nous connaissons *a la largeur de l'élargissement.*

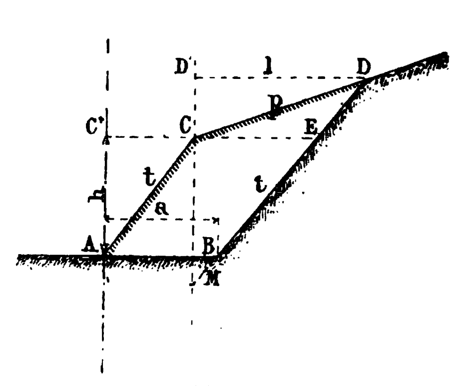


Fig. 11.

p la pente du terrain,

t le talus.

h = AC' *hauteur verticale de l'arête du talus au-dessus de la plate-forme.*

Il s'agit de déterminer

l la largeur de l'emprise.

S la surface du profil.

Menons par le point C l'horizontale CE, nous décomposons le quadrilatère en un parallèlogramme

$$\text{ABCE} = s_1 = ah$$

et en un triangle CED $= s_2$ facile à calculer.

Menons par le point C une verticale que nous prolongerons jusqu'à sa rencontre avec le nouveau talus en M remarquant que $CM = at$

les inconnues l et s_2 se trouvent déterminées par l'échelle log. $t \mp p$

et l'on a $$S = s_1 + s_2 - \frac{a^2 t}{2}.$$

4° *Adoucissement d'un talus* (fig. 12).

On connait :

t l'ancien talus,

t' le nouveau talus,

p pente du terrain,

$m = AB'$ *distance verticale de A en B,*

Les inconnues sont :

s surface du triangle ABC,

$l = CC'$ *la largeur d'emprise.*

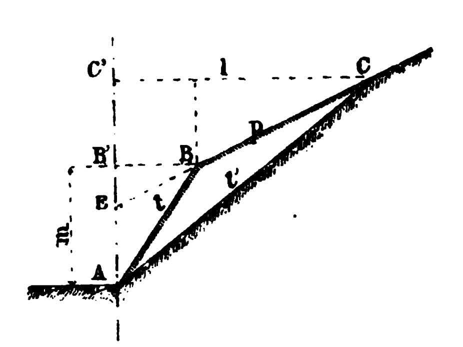


Fig. 12.

Prolongeons la ligne du terrain jusqu'à sa rencontre en E avec la verticale du pied du talus.

Dans le triangle ABB' on a $BB' \times t = AB' = m$ $\qquad BB' = \frac{m}{t}$

Dans le triangle EBB' on a $BB' \times p = EB' = m - AE$ $\qquad BB' = \frac{m - AE}{p}$

d'où

$$AE = \frac{m}{t}(t - p)$$

formule calculable d'un seul mouvement de la réglette avec l'échelle logarithmique ($t \mp p$).

Connaissant AE on aura

$$s = \frac{\overline{AE}^2}{t' - p} \times 0,5 - \frac{\overline{AE}^2}{t - p} \times 0,5 \qquad l = \frac{AE}{t' - p}$$

5° *Élargissement de la plate-forme avec modification du talus* (fig. 13).

— Pour plus de généralité nous supposerons que l'on donne une inclinaison p' à la plate-forme.

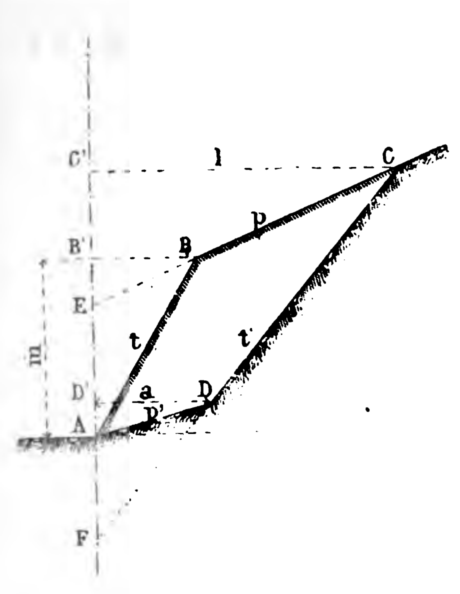


Fig. 13.

On connait :

t l'ancien talus,

t' le nouveau talus,

p la pente du terrain,

p' la pente de la banquette

$m = AB'$ *la distance verticale du point* A *au point* B.

$a = DD'$ *la distance horizontale du point* A *au point* D.

On cherche :

S *la surface* ABCD *du profil,*

$l = CC'$ *la largeur d'emprise,*

Prolongeons la ligne du terrain jusqu'en E rencontre avec la verticale menée en A;

Prolongeons la ligne du talus CD jusqu'en F, nous aurons comme au n° 4

$$AE = \frac{m}{t}(t - p)$$

Dans le triangle AFD nous avons

$$a = \frac{AF}{t - p'} \qquad \text{d'où} \qquad AF = a(t - p')$$

par suite :

$$FE = AE + AF$$

Connaissant AF, AE, FE nous pourrons calculer les triangles

$$FEC = s_1 \qquad ABE = s_2 \qquad FAD = s_3.$$

au moyen des formules connues et nous aurons

$$S = s_1 - (s_2 + s_3) \qquad l = \frac{FE}{t' - p}$$

6° *Profil avec banquettes* (fig. 14).

Nous connaissons : $a = \mathrm{AD}$ *la demi-largeur de la plate-forme,*

$b = \mathrm{E_1\,L}$ *la largeur uniforme des banquettes,*

$k = \mathrm{MD}$ *la distance verticale entre deux banquettes,*

$h = \mathrm{AB}$ *la cote rouge sur l'axe;*

La surface cherchée S aura pour expression :

$$\mathrm{S} = \mathrm{F'BC} - (s_1 + s_2 + s_3 + \ldots)$$

Surfaces dont il faut déterminer les éléments.

Dans le triangle ADD′ on a $s_1 = \dfrac{a^2t}{2}$ $\qquad \mathrm{AD'} = at$

Dans le triangle E′D′M on a $\mathrm{E'D'} = bt$ $\qquad$ surf. $\mathrm{E'D'M} = \dfrac{b^2t}{2}$

On a enfin $\mathrm{F'B} = \mathrm{H} = h + at + \mathrm{D'E'} + \mathrm{E'F'} + \ldots$

ou $\qquad \mathrm{F'B} = h + at + nbt$

par suite :

$$\mathrm{F'BC} = \frac{t \pm p}{\mathrm{H}^2} \times 0{,}5$$

$$s_1 = \frac{a^2t}{2}$$

$$s_2 = \frac{b^2t}{2} + (at + k)\,b$$

$$s_3 = \frac{b^2t}{2} + (at + k)\,b$$

Formules dont chacun des éléments est calculable à la règle.

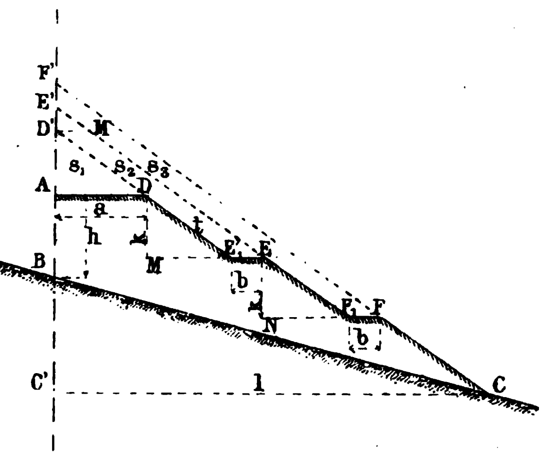


Fig. 14.

7° *Profils avec roches différentes* (fig. 15). — Soient $\mathrm{H_1}$ et H les cotes rouges réduites applicables aux deux surfaces limitant les roches, on voit que la surface du profil en roche sera,

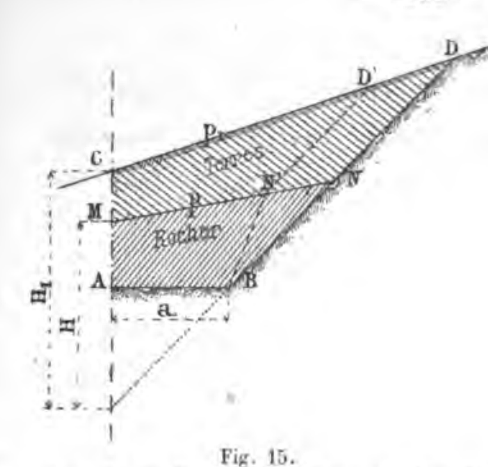


Fig. 15.

$$s_1 = \frac{H}{t \mp p} \times 0{,}5 - \frac{a^2 t}{2}$$

et la surface du profil des terres sera

$$s_2 = \frac{H^2}{(t \mp p)} \times 0{,}5 - s_1$$

Si au lieu d'un talus unique BD, on avait un talus brisé BN'D' on calculerait l'emprise correspondant au point N' puis au moyen des formules du n° 5, on déterminerait les divers éléments de la figure.

7° *Profils à pentes brisées* (fig. 16). — Nous connaissons les ordonnées des sommets

$$h = y_0 \quad y_1 \quad y_2 \quad y_3 \quad y_4 \quad \cdots$$

ainsi que leurs distances à l'axe

$$x_1 \quad x_2 \quad x_3 \quad x_4 \quad \cdots$$

Prolongeons le dernier élément DF jusqu'à sa rencontre avec

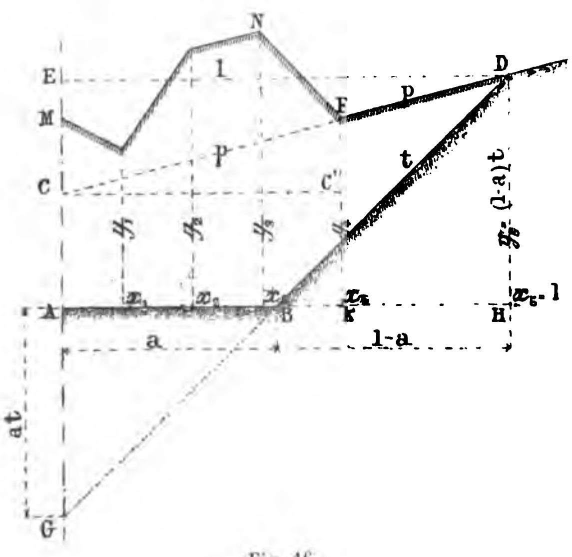


Fig. 16.

l'axe en C, prolongeons également DB en G, on a

$$AC = KC' = y_1 - FC' = y_1 - px_1$$

Dans le triangle GCD on a

$$GC = AG + AC = at + y_1 - px_1$$

on en déduit l'emprise totale du profil $l = DE = \frac{GC}{t - p}$

$$y_5 = DH = (l - a)\ t$$

Nous avons ainsi tous les éléments pour calculer la surface AMNFDH par la méthode des trapèzes, et si nous en retranchons le triangle $BHD = \frac{(l - a)^2}{2}\ t$, nous aurons la surface cherchée.

Ces calculs sont très rapides, ils peuvent tous se faire à la règle.

Nous retrouvons là encore l'application de nos formules fondamentales comme simplification du problème.

8° *Profil d'un canal* (fig. 17). — Prenons le profil normal ;

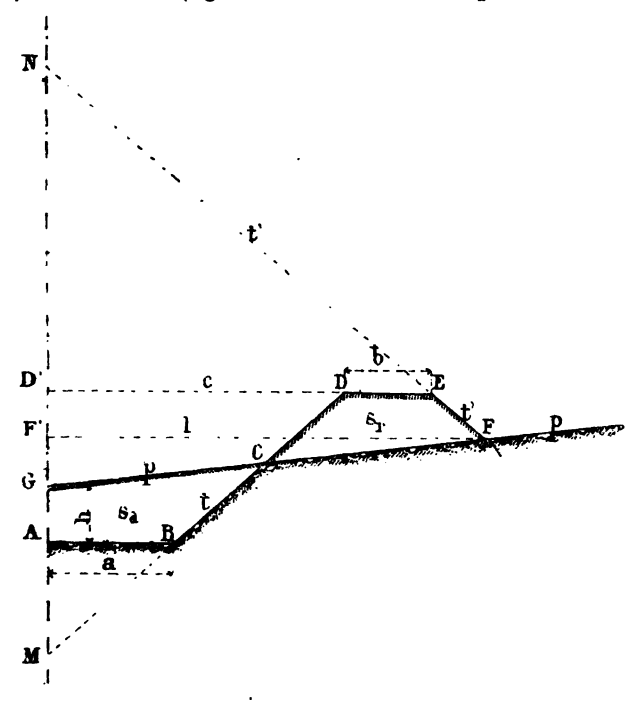


Fig. 17.

Les données sont : *a la largeur au plafond,*

$m = AD'$ *la profondeur sous gueule,*

$c = DD'$ *la largeur en gueule,*

Les données sont : $b = \mathrm{DE}$ *largeur du chemin de halage,*
$h = \mathrm{AG}$ *la cote rouge sur l'axe,*
t *talus des berges,*
t' *talus extérieur de la digue,*
p *pente du terrain.*

Les inconnues sont : S_d *surface en déblai,*
S_r *surface en remblai,*
$l = \mathrm{FF'}$ *largeur d'emprise.*

La section totale du canal est un trapèze ABDD′ qui a pour mesure $\Omega = \frac{a + c}{2} m$.

Déblai. Dans le triangle $\mathrm{MAB} = s_1$ $\mathrm{AM} = at$ $s_1 = \frac{a^2 t}{2}$

Dans le triangle $\mathrm{MGC} = s_2$ $\mathrm{MG} = h + at$ $s_2 = \frac{(h + at)^2}{t - p} \times 0{,}5$

La surface en déblai cherchée

$$\mathrm{AGCB} = \mathrm{MGC} - \mathrm{MAB}$$

ou bien $$S_d = s_1 - s_2$$

C'est le calcul ordinaire des profils en déblai.

Remblai. Dans le triangle $\mathrm{D'NE} = s_3$ $\mathrm{D'N} = (c + b)\, t'$ $s_3 = \frac{(c + b)^2 t'}{2}$

Le triangle $\mathrm{MD'D} = s_4$ $\mathrm{MD'} = ct$ $s_4 = \frac{c^2 t}{2}$

Le quadrilatère $\mathrm{GD'DC} = \mathrm{MD'D} - \mathrm{MGC} = s_4 - s_2$

Le triangle $\mathrm{GNF} = s_5$ $\mathrm{GN} = \mathrm{ND'} + \mathrm{D'A} - h = (c + b)\, t + m - h$

$$s_5 = \frac{\overline{\mathrm{GN}}^2}{t' - p} \times 0{,}5$$

d'où enfin

$$S_r = CDEF = GNF - (GD'DC + D'NE)$$

$$S_r = s_5 - (s_4 - s_2 + s_3) = s_2 + s_5 - (s_3 + s_4)$$

Emprise. L'emprise FF' est égale à la largeur d'emprise du triangle GNF ; on aura donc

$$l = \frac{GN}{t + p}$$

La ligne du terrain, au lieu d'occuper la position moyenne de la figure, pourrait couper la ligne AB du plafond ; le canal pourrait être entièrement en déblai ou entièrement en remblai, le calcul de tous ces cas particuliers se ramènerait toujours à une décomposition de figures dont tous les éléments sont calculables à la règle, mais eu égard à la complication du problème, il sera prudent de rapporter tous les profils, ce qui se fait rapidement en employant un gabarit en zinc découpé avec grand soin, suivant le contour ABDEF.

§ 2. — ÉVALUATION SOMMAIRE DES TERRASSEMENTS SUR LE PROFIL EN LONG

Dans les nombreux essais que l'on tente en étudiant le tracé sur les plans cotés, soit pour arriver à la compensation des remblais et des déblais, soit pour comparer très sommairement les cubes de deux variantes, on a imaginé plusieurs procédés très expéditifs pour déterminer le cube d'après le profil en long — les uns sont compliqués — les autres (méthode dite des surfaces compensatrices) sont tellement inexacts qu'ils peuvent conduire à des erreurs extrêmement graves — nous avons employé un procédé très simple, dont l'approximation, quoique grossière, est cependant suffisante dans ces premières tentatives.

Soit ABC le profil en long d'une tranchée déterminée par une série de profils en travers *a b c d*.

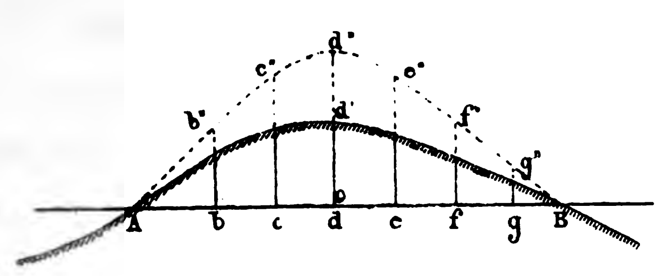


Fig. 18.

Supposons leurs surfaces calculées et portons leurs valeurs en ordonnées bb'' cc'' dd''... nous aurons déterminé une courbe qui coupera la plate-forme au points A et B et dont la surface mesurera le volume de la tranchée. Observons en passant qu'en évaluant l'aire de cette surface par une méthode de quadrature telle que celle de Simson, on aurait un cube plus exact que celui donné par la méthode ordinaire.

Si nous divisons le profil en long en parties telles que AB dont la courbure soit à peu près régulière, nous pourrons assimiler la courbe des surfaces Ad''B à un arc de parabole et prendre pour volume approché l'aire de ce segment dont la mesure est $\frac{2}{3}$ AB $\times$ dd''.

Il suffira donc de calculer la surface dd'' correspondant à la cote rouge la plus élevée. Cette opération peut se faire sans avoir même besoin de rapporter le profil en long.

§ 3. — DÉTERMINATION DE LA PENTE MOYENNE p

Dans les plans d'études, le relief du sol est figuré soit par la trace des profils en travers, soit par le plan coté.

Dans le premier cas, profils en travers, la pente p entre deux points d'altitude c et c' séparés par une distance d est donnée par la formule

$$p = \frac{c - c'}{d}$$

Dans le cas des plans cotés, on a l'habitude de tracer les courbes

de niveau, surtout en terrains difficiles, qui accusant la topographie avec une grande netteté facilitent la solution de tous les problèmes concernant les études.

La pente p se déduit de l'écartement des courbes. Soient, en effet, (fig. 19) deux courbes de niveau consécutives A et B, la pente entre les points A et B s'obtient par le rabattement du plan vertical passant par AB autour de sa trace horizontale, la ligne du terrain viendra en AB′ hypothénuse du triangle rectangle ABB′ et l'on aura

$$p = \frac{BB'}{AB} = \frac{e}{d} = \delta$$

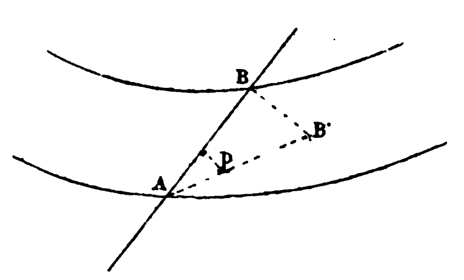


Fig. 19.

en appelant e la distance verticale (constante en général pour chaque échelle) ou équidistance, que l'on adopte entre deux courbes consécutives, et d étant mesuré suivant l'échelle du plan.

Dans les études d'avant-projet, l'échelle ordinairement employée est le $\frac{1}{2000}$ et l'équidistance $e = 1^m$, la formule devient $p = \frac{1}{d}$; c'est sur ces bases qu'a été tracée l'échelle représentée (fig. 7, Pl. 126). En quelques instants on peut en tracer d'analogues sur une bande de papier collée sur un double décimètre.

Si les pentes sont fortes, les courbes sont très raprochées et la détermination indécise. Pour avoir une plus grande approximation, il convient de prendre l'écartement correspondant à plusieurs courbes ; pour avoir la pente, il faudra évidemment multiplier le nombre trouvé p par le nombre d'écartements dont on se sera servi.

Ces échelles permettent de résoudre sans calcul plusieurs questions qu'on rencontre à chaque instant en topographie : tracé des lignes de pente à flanc de coteau, détermination des lignes de plus grande pente, écartement des courbes de niveau correspondant à une pente donnée, etc., etc.

CHAPITRE V

Profilomètre Ziégler

Dans cette méthode on lit les surfaces des profils sur une échelle. Ce procédé est rapide, exact, beaucoup plus avantageux que les tableaux graphiques ou les tables numériques ; aussi croyons-nous devoir l'exposer pour le comparer à nos échelles logarithmiques.

Reprenons les formules fondamentales

$$S' = \frac{H^2}{2(t \mp p)} \qquad \text{ou} \qquad 2S'(t \mp p) = H^2$$

Si on remarque que H^2 est une moyenne proportionnelle aux valeurs $2S'$ et $t \mp p$, il sera possible de déduire graphiquement une quelconque de ces valeurs des deux autres.

Prenons 2 axes rectangulaires ox, oy. Traçons le triangle rectangle ACB ayant ses sommets sur les axes, nous aurons

$$\overline{AO}^2 = OC \times OB.$$

On voit donc qu'en divisant les trois directions ox, oy, ox', sui-

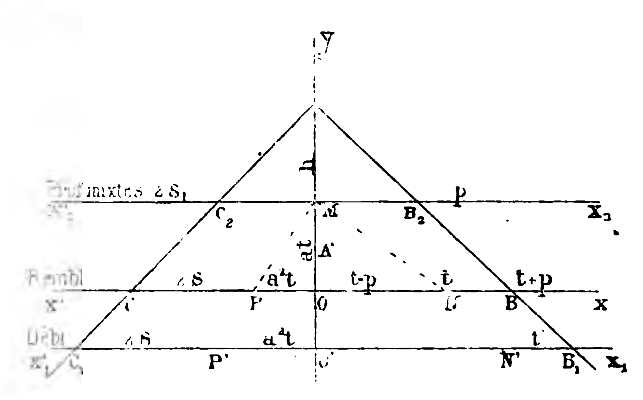


Fig. 20.

vant des échelles convenables, si on place le sommet d'une équerre en A de telle sorte que l'on ait $OA = H$, que l'un des côtés passe par le point B de manière que l'on ait $OB = t \mp p$, le troisième côté de l'équerre coupera l'axe ox' en c et l'on aura

$$OC = 2S'$$

Ce graphique résoudra donc le problème comme nos échelles logarithmiques.

On a $$OC = 2S' = 2S + a^2t$$

prenons $OP = a^2t$, et traçons les divisions en allant de P vers x', l'échelle donnera directement la valeur de la surface du profil, débarrassée de la constante.

De même $$OA = H = h + at$$

prenons sur Oy, $OM = at$, et traçons les divisions sur My à partir du point M. Nous pourrons mettre le sommet de l'équerre à sa place d'après la valeur de h sans avoir à calculer H.

Enfin, prenons $ON = t$; à partir de N, portons de part et d'autre les valeurs de p, nous aurons évidemment $OB = t + p$, $OB' = t - p$.

Il est facile de voir que si l'on prend m centimètres pour l'unité de hauteur, n pour les déclivités et q pour les surfaces, les échelles de ces trois divisions doivent satisfaire à la relation

$$\frac{1}{m^2} = 2\frac{1}{n}\frac{1}{q}$$

Ces instruments sont ordinairement construits avec les échelles suivantes :

$$m = 0{,}02 \qquad n = 0{,}20 \qquad q = 0{,}004$$

pour $h = 18^m$ et $S = 180^{mc}$, le graphique tient sur une planchette de $1^m 20$ sur $0^m 90$ (Fig. 11, pl. 126).

Si on change la valeur de t, il faudra changer nécessairement l'échelle $(t \mp p)$ ainsi que les valeurs OM, ON, OP.

Pour faciliter les calculs on conserve la position du point M, et on prend un nouveau point O' tel que l'on ait $O'M = at'$.

Sur le nouvel axe $O'x'$ on trace les échelles de surfaces et de déclivités.

Une de ces échelles correspondant pour les avant-projets à $t = 1$ (déblais), la seconde à $t = 0{,}667$ (remblais).

Profils mixtes.— Nous avons trouvé dans les formules fondamentales :

$$S_1 = \frac{h^2}{2p} \qquad \text{ou} \qquad h^2 = 2\,S_1 p$$

h est moyen proportionnel entre $2\,S_1$ et p, la figure permet de

déterminer les valeurs de S_1. Par le point M traçons Mx_2 parallèle à Ox, à partir du point M traçons les valeurs de p d'un côté, de $2S$ de l'autre, dans le triangle AC_2B_2 nous aurons

$$h^2 = MB_2 \times MA_2 = 2S_1 \times p$$

Il reste à trouver la valeur de S_2, or nous avons :

$$S_2 = \frac{H^2}{2(t-p)} - \frac{a^2 t}{2} + \frac{h^2}{2p} = \frac{(h-at)^2}{2(t-p)} - \frac{a^2 t}{2} + \frac{h^2}{2p}$$

que l'on peut écrire en remarquant que $\frac{h^2}{2p} = S_1$

$$2(S_2 - S_1) + a^2 t = \frac{(h-at)^2}{t-p}$$

Si, dans la figure, au lieu de prendre h au-dessus du point M, nous le prenons au-dessous en A', $OA' = h - at$; par suite, en amenant le sommet de l'équerre en A', nous pourrons lire sur l'échelle des surfaces la valeur $2(S_2 - S_1)$. et comme nous connaissons S_1 nous en déduirons S_2.

Nous savons qu'il y a profil mixte chaque fois que la ligne du terrain coupe la plate-forme ; en ce cas $\frac{h}{p} < a$.

Or, si on joint MN, on aura $\operatorname{Tg} N = \frac{at}{t} = a$, c'est la limite de l'inclinaison du côté droit de l'équerre pour le cas des profils complets ; si cette inclinaison est plus faible, il y a profil mixte.

Plaçons donc l'équerre sur le triangle des constantes MNP, et marquons sur l'hypothènuse la trace de l'axe oy. Toutes les fois que ce repère passera à droite de l'axe, il y aura profil mixte. Il faudra un de ces repères pour les déblais, un autre pour les remblais.

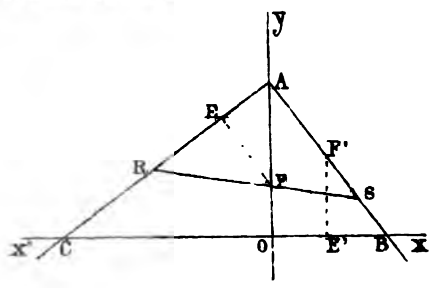


Fig. 21.

Emprises. Les formules fondamentales donnent pour la valeur de la largeur d'emprise

$$l = \frac{H}{t \mp p} = \frac{h + at}{t \mp p}$$

Dans le triangle OAB (fig. 21) on a

$$\frac{OA}{OB} = \frac{H}{t-p} = l = \operatorname{Tg} OBA$$

Pour avoir cette valeur, il suffirait de prendre sur les échelles tracées BE′ = 1, la longueur de la perpendiculaire E′F′ donnera la valeur de l.

Si on prend sur le côté gauche de l'équerre AE = 1, la longueur de la perpendiculaire EF donnera la valeur de l, mais il faudrait disposer d'une équerre transparente pour tracer l'échelle EF. On peut la tracer sur l'hypothènuse RS de l'équerre taillée en biseau ; il est vrai qu'elle ne sera plus divisée en parties égales, mais il est facile de la tracer par points.

Il suffit de placer le sommet de l'équerre sur la division h donnant la valeur $\frac{h}{p} = 1$ pour S = 1 (on se sert de l'échelle des profils mixtes passant par M), et on aura évidemment pour les valeurs de S égales à 2, 3, 4, n, des valeurs correspondantes de $\frac{h}{p}$ égales à 2, 3, 4, n puisque nous aurons multiplié par n la valeur de la tangente.

On numérotera 1, 2, 3, n les points obtenus sur l'hypothènuse par la rencontre de l'axe Oy et on obtiendra ainsi les valeurs des divisions de l'échelle des emprises.

Profils entiers. — Bien que M. Ziégler n'en parle pas dans son mémoire, sa méthode s'applique également aux profils entiers ; en effet la formule

$$S' = \frac{H^2}{i}$$

peut s'écrire

$$S'i = H^2$$

H^2 est donc encore moyen proportionnel entre S et i.

Le triangle des constantes sera encore dans ce cas

$$at \quad a^2t \quad \text{et } t$$

et l'on devra tracer sur Ox de O sur t les valeurs de $\frac{t^2 - p^2}{t}$ correspondantes aux valeurs de la variable p. Ce ne sera pas une échelle métrique comme les échelles qui ont été considérées jusqu'à présent.

La fig. 11 Pl. 126 représente une planchette disposée pour faire ces calculs.

CHAPITRE VI.

Tracé et emploi des échelles logarithmiques pour le calcul des terrassements

§ 1. — ÉCHELLE DES DEMI-PROFILS

Échelle des valeurs de $t \mp p$ pour $t = 1$, $t = n$, $t = n + 0{,}5$, $t = 0{,}667$. — Si on examine le tableau suivant donnant les valeurs de $t \mp p$ correspondant aux diverses valeurs de p, nous en déduirons plusieurs remarques qui nous permettront de déterminer les échelles et les limites entre lesquelles il convient de les établir.

1° Pour $p = o$ on a $t - p = t$, on en déduit que :

L'origine de chaque échelle se trouve en coïncidence avec le nombre t *lu sur l'échelle supérieure de la règle.*

2° Les valeurs de $t \mp p$, pour toutes les valeurs de t correspondant à un nombre entier, correspondent à des divisions de l'échelle des nombres.

Cette proprieté, comme nous le verrons plus loin, s'étend à toutes les valeurs de t composées de 2 chiffres, entières ou décimales.

On pourra donc faire servir l'échelle des nombres au calcul des terrassements pour toutes les valeurs de t *correspondant, soit à un nombre entier* n, *soit à la valeur* $10\,n + n'$, *à condition de changer la numération.*

3° Les valeurs de $t \mp p$ fractionnaires ne correspondant pas aux divisions de l'échelle des nombres, il devient nécessaire d'établir des échelles spéciales ; dans la pratique il suffira d'établir l'échelle correspondant au talus $t = 0{,}667$ employé pour les remblais.

En traçant sur le bord supérieur de la réglette une échelle des nombres, avec la numération ordinaire, et sur le bord inférieur une échelle des valeurs de $t \mp p$ pour $t = 0{,}667$, nous pourrons

donc faire les calculs des terrassements par demi-profils, pour toutes les valeurs usuelles de *t*.

La valeur de $t = 1$ étant la plus employée, nous avons inscrit la numération correspondante au-dessous de la numération des nombres.

Pour les autres valeurs de $t = n$ ou $n + 0{,}5$, il suffira de coller sur la ligne médiane de la règle une petite bande de papier, sur laquelle on inscrira la numération correspondante.

	p	VALEURS DE $t \mp p$								
		$t=1$	$t=2$	$t=3$	$t=4$	$t=n$	$t=1,5$	$t=2,5$	$t=3,5$	$t=0.667$
	3	»	»	»	**1,0**	$n-3$	»	»	**1,0**	»
	2	»	»	**1,0**	2,0	$n-2$	»	**1,0**	1,5	»
	1	»	**1,0**	2,0	3,0	$n-1$	»	1,5	2,5	»
	0,9	**0,10**	1,1	2,1	3,1	$(n-1),1$	»	1,6	2,6	»
	0,8	0,2	1,2	2,2	3,2	$(n-1),2$	»	1,7	2,7	»
+ p	0,7	0,3	1,3	2,3	3,3	$(n-1),3$	»	1,8	2,8	»
	0,6	0,4	1,4	2,4	3,4	$(n-1),4$	»	1,9	2,9	**0,100**
	0,5	0,5	1,5	2,5	3,5	$(n-1),5$	**1,00**	2,0	3,0	0,167
	0,4	0,6	1,6	2,6	3,6	$(n-1),6$	1,10	2,1	3,1	0,267
	0,3	0,7	1,7	2,7	3,7	$(n-1),7$	1,20	2,2	3,2	0,367
	0,2	0,8	1,8	2,8	3,8	$(n-1),8$	1 30	2,3	3,3	0,467
	0,1	0,9	1,9	2,9	3,9	$(n-1),9$	1,40	2,4	3,4	0,567
—	**0** —	**1,00**	**2,00**	**3,00**	**4,00**	**n**	**1,5**	**2,5**	**3,5**	**0,667**
	1	2	3	4	5	$n+1$	2,5	3,5	4,5	1,667
	2	3	4	5	6	$n+2$	3,5	4,5	5,5	2,667
	3	4	5	6	7	$n+3$	4,5	5,5	6,5	3,667
	4	5	6	7	8	»	5,5	6,5	7,5	4,667
− p	5	6	7	8	9	»	6,5	7,5	8,5	5,667
	6	7	8	9	**10**	»	7,5	8,5	9.5	6,667
	7	8	9	**10**	»	»	8,5	9.5	**10,0**	7,667
	8	9	**10**	»	»	»	9,5	**10,0**	»	8,667
	9	**10**	»	»	»	»	**10,0**	»	»	9,667
										1,000

Pour faciliter ce travail, nous avons indiqué sur la ligne médiane de la réglette l'origine des échelles correspondantes aux valeurs de t comprises entre 1 et 9, indication qui, combinée avec celles du tableau précédent, permettra aux agents les moins familiarisés avec l'algèbre de faire mentalement la nouvelle numération.

Si l'on avait à faire usage de l'un des talus 0,5 — 1,5 — 2,5 — 3,5, etc., — il conviendrait d'établir à l'avance la numération sur une bande de papier que l'on collerait sur la ligne médiane en ne prenant que la longueur correspondant aux limites de p entre lesquelles on doit opérer.

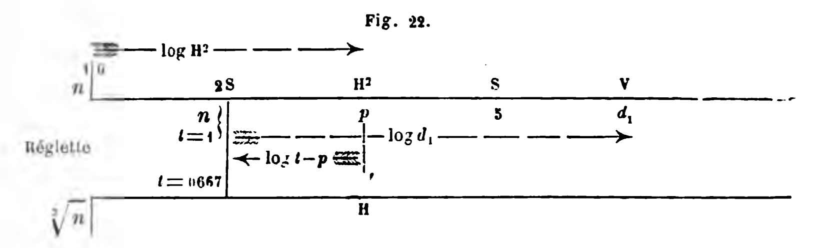
Les échelles sont complétées par de petits diagrammes /|\ \|/ indiquant pour les déblais et remblais le signe de p suivant le sens de la pente et de la rampe considérée par rapport à l'axe.

Les dispositions adoptées permettent de calculer les formules fondamentales au moyen d'un seul mouvement de la réglette, comme l'indique le diagramme ci-dessous :

$$l = \frac{H}{t \mp p} \qquad E = \frac{H}{t \mp p}\, d$$

$$S' = \frac{H^2}{t \mp p} \times 0{,}5 \qquad V = \frac{H^2}{t \mp p}\, d'.$$

Fig. 22.



On lit H sur l'échelle des $\sqrt[2]{n}$; au moyen du curseur on trouve H² sur l'échelle n de la règle et on amène au-dessous la valeur p lue sur l'échelle log. $(t \mp p)$. Au-dessus de l'origine de la réglette on trouve 2S ; ajoutant log 0,5, on trouve au-dessus de 5 lu sur l'échelle n de la réglette la valeur de S.

Ajoutant à log 2S le log d', on trouve au-dessus de d', lu sur l'échelle n de la réglette la valeur de V.

Pour l'échelle $t = 0{,}667$ en contact avec l'échelle des $\sqrt[2]{n}$, on n'a pas besoin d'employer le curseur.

§ 2. — Échelles des profils entiers $i = \frac{t^2 - p^2}{t}$

La division de ces échelles ne coïncidant plus avec celle de l'échelle des nombres, il faut établir des échelles spéciales pour chacune des valeurs de t.

Nous remarquons d'abord : 1° pour $p = o$ on a $i = t$; l'origine des échelles est donc comme précédemment en coïncidence avec la valeur de t lu sur l'échelle des nombres, — mais comme il n'y a pas à tenir compte des signes, l'échelle se trouve entièrement à gauche de son origine.

2° Pour $p = t$, $s = \infty$, t est donc la limite de la valeur de p sensiblement au-dessous de laquelle il convient de se tenir.

3° Lorsque les pentes du terrain dépassent 2 ou 3, on a affaire à des escarpements sur lesquels il est difficile d'asseoir une voie de communication ; on peut donc arrêter l'échelle à ces valeurs sans qu'il en résulte d'inconvénients pratiques.

4° Dans ces conditions la longueur des échelles se trouve assez réduite, pour qu'on puisse en tracer un certain nombre à la suite les unes des autres, en prenant toujours pour la valeur de $i = 1$ l'origine même de la réglette ; c'est comme si l'on superposait toutes ces échelles en leur donnant la même origine, les parties inutiles de l'une étant recouvertes par l'échelle suivante.

C'est sur ces bases que la réglette a été divisée.

Sur le bord supérieur on a maintenu l'échelle n des nombres dont on a besoin pour calculer les volumes.

Sur le bord inférieur, dans la première partie, on a tracé l'échelle pour $t = 1$, et à la suite sur la deuxième partie, les échelles correspondant aux valeurs paires de t.

Pour éviter l'emploi d'une troisième réglette, on a utilisé les facilités que donne le curseur, pour tracer sur le milieu de la réglette les échelles correspondant aux valeurs impaires de t, ainsi qu'aux talus $t = 0{,}667$, $t = 1{,}5$. On aura grand soin de remarquer pour cette échelle médiane que l'on a dû en reporter l'origine à droite, d'une quantité égale à la distance qui sépare les repères correspondants des curseurs.

La fig. 6, Pl. 125 nous fournit deux exemples numériques.

1er Exemple :

$$t = 1, \ H = 15{,}02, \ p = 0{,}70, \ d = 43^{m}.$$

Le curseur est amené en coïncidence avec la valeur de H lue sur l'échelle de $\sqrt[3]{n}$ et la pente $p = 0{,}70$ est amenée sous le curseur. On trouve $S' = 444$ au-dessus de l'origine de la réglette, ou ce qui revient au même, au-dessus de la division 100 de l'échelle *n*.

Le volume $V = 1892$ se trouve au-dessus de la distance réduite *d*, lue sur l'échelle *n* de la réglette.

2e Exemple :

$$t = 0{,}667, \ H = 15{,}02, \ p = 0{,}334, \ d = 45.$$

Le curseur étant sur H comme tout à l'heure, on amène la pente 0,334 lue sur l'échelle médiane en coïncidence avec le repère intérieur du curseur. — La surface $S' = 444$ se lit au dessus de la division 100 de l'échelle *n* et le volume $V = 1981$ se lit au-dessus de *d*, pris sur l'échelle *n* de la réglette.

§ 3. — CONCORDANCE DES ÉCHELLES ENTRE ELLES

Nous avons vu que les divisions de l'échelle log. $(t \mp p)$, correspondant à une valeur de *t* exprimée par les neuf premiers nombres, coïncidaient avec les divisions de l'échelle des nombres.

Il est intéressant de généraliser cette propriété et de rechercher :

1° Toutes les valeurs de *t* pouvant s'appliquer aux divisions d'une échelle donnée en changeant sa numération;

2° La loi qui lie les numérations diverses d'une division donnée, pour chacune de ses diverses échelles;

3° La relation qui lie les échelles *t* et *nt*.

a. — *Échelles des demi-profils* log. $(t \mp p) = i$.

1° *Recherche des échelles ayant mêmes divisions.* — Pour $t = 1$, les deux premiers chiffres significatifs de *i* correspondent toujours à des divisions tracées sur l'échelle, mais les subdivisions des intervalles variant suivant les parties de l'échelle entre les valeurs

0,1, 0,2 et 0,5 ; on ne peut être assuré de trouver sur l'échelle une division correspondant au 3e chiffre significatif.

Si nous faisons varier t, cette propriété va subsister; les valeurs de i correspondant aux divisions de l'échelle ne pourront avoir plus de deux chiffres, et par suite si on fait $p = o$, la valeur de $t = i$ ne pourra elle même avoir plus de deux chiffres.

Réciproquement, les divisions de l'échelle pourront s'appliquer à toutes les valeurs de t composées de deux chiffres significatifs ; en effet si nous faisons varier p d'unité en unité, nous avons toujours pour i un nombre entier de deux chiffres pour lequel on trouvera une division de l'échelle.

Si t est exprimé par un seul chiffre, les valeurs $t - p$ correspondant aux neuf premiers nombres de l'échelle n, par suite les subdivisions auront même valeur dans l'intervalle d'un nombre à un autre.

Si au contraire t est exprimé par un nombre composé de deux chiffres, la concordance n'existant plus, les subdivisions de l'intervalle compris entre deux unités successives n'auront pas toutes la même valeur. Ce qui n'a, du reste, que peu d'importance.

On voit donc qu'avec une numération appropriée, les divisions de l'échelle des nombres peuvent s'appliquer aux diverses fonctions $i = t \mp p$ pour toutes les valeurs de t, composées seulement de deux nombres, comprises entre 1 et 99.

Si au lieu de t entier on a t fractionnaire, $t' = 0{,}667$ par exemple, on retrouve des propriétés analogues.

On remarque d'abord facilement que l'on peut prendre pour t les valeurs

$$t = 0{,}667,\ 1{,}667,\ 2{,}667\ \ldots\ 9{,}667$$

et comme on trouve une division exacte pour tous les nombres composés de deux chiffres, on pourra appliquer les divisions de l'échelle aux valeurs.

$$11{,}667 \text{ jusqu'à } 99{,}667.$$

2° — *Loi reliant les numérations d'une même division sur plusieurs échelles.* — Amenons en coïncidence les valeurs de $i = 1$ pour deux échelles t et t', prenons une même longueur AB sur chacune de ces échelles, et cherchons la valeur de p en fonction de p' si $t' = nt$.

$t=1$ |<———— i ————>| p
A |————————————| B
$t'=nt$ |<———— i ————>| p'

Fig. 23.

On aura $t - p = t' - p' = nt - p'$

d'où $p' = p + (n - 1)t$ et pour $t = 1$ $p' = p + (n - 1)$

Il suffirait donc d'augmenter du nombre $n - 1$ toutes les valeurs de p prises sur l'échelle $t = 1$ pour obtenir les valeurs de l'échelle $t' = n$, s'il y avait pas à tenir compte des signes. Ces calculs pourraient se faire mentalement, et une seule échelle suffirait pour les dix premiers nombres. Mais le changement de signe rend l'opération mentale trop pénible pour qu'elle puisse se faire dans les calculs courants.

b. — *Relation reliant les échelles* t *et* $t' = nt$.

Multiplions la fonction $(t - p)$ par n, nous aurons une nouvelle fonction $t' - p' = nt$ ou $t' - p' = n(t - p)$

d'où l'on tire $p = \frac{p'}{n}$ et par suite $t' - p' = n\left(t - \frac{p}{n}\right)$

Sous cette forme on voit que l'on peut se servir de l'échelle t au lieu de l'échelle t' en divisant la pente p par n et en multipliant la valeur trouvée par n.

Cette propriété permet de trouver les valeurs de la fonction $t' - p'$ en fonction de l'échelle $t = 1$ pour toutes les valeurs de t entières ou fractionnaires.

Si on prend $n = 10$, on a

$$t' - p' = 10\left(t - \frac{p'}{10}\right)$$

C'est-à-dire qu'on pourra se servir d'une échelle donnée t pour toutes les valeurs $t \times 10^x$ par un simple déplacement de la virgule.

c. — *Échelles des profils entiers.* $i = \frac{t^2 - p^2}{t}$.

1°. — *Numérations diverses d'une même division correspondant à plusieurs échelles.* — Amenons en coïncidence les valeurs $i = 1$ (fig. 23, page 191) pour les deux échelles t et $t' = nt$.

Prenons sur chacune d'elles une même valeur AB correspondant aux pentes p et p'

on a $$\frac{t^2 - p^2}{t} = \frac{t'^2 - p'^2}{t'} = \frac{nt^2 - p'^2}{nt}$$

d'où
$$p^2 = \frac{p'^2}{n} - (n-1)t^2$$

relation beaucoup trop complexe pour qu'elle puisse se faire mentalement et pour qu'on puisse pratiquement se servir d'une échelle pour l'autre.

2° *Relation reliant les échelles* t *et* t′ = nt.

on a
$$\frac{t'^2 - p'^2}{t'} = n\left(\frac{t^2 - p^2}{t}\right) = \frac{nt^2 - np^2}{t}$$

d'où
$$\frac{n^2t'^2 - p'^2}{nt} = \frac{nt^2 - np^2}{t}$$

d'où l'on tire
$$n^2p^2 = p'^2$$

et par suite $p = \frac{p'}{n}$ et $\frac{t'^2 - p'^2}{t'} = n \left\{ \frac{t^2 - \left(\frac{p'}{n}\right)^2}{t} \right\}$

il en résulte que l'on peut trouver les valeurs de i pour la valeur $t = nt$ en se servant de l'échelle t à condition de diviser la pente p par n et de multiplier la valeur trouvée par le même nombre n.

Si $n = 10$ les transformations se réduisent à un simple déplacement de virgule.

§ 4. — Comparaison des différentes méthodes

a. — *Comparaison du nombre d'opérations élémentaires.*

Nous avons indiqué les inconvénients qui nous ont fait rejeter les tableaux graphiques et les tables numériques, ainsi que les avantages que présentaient les méthodes fondées sur l'emploi des échelles; comme le profilomètre Ziégler constitue incontestablement la plus simple et la plus rapide de ces méthodes, nous nous bornerons à comparer son emploi avec celui de la règle à calcul, en supposant que le profilomètre a été établi à la fois pour le calcul par demi-profils et par profils entiers, ce qui peut se faire en traçant sur chaque échelle une double division.

Le nombre d'opérations élémentaires pour arriver à la déter-

mination du cube d'une tranchée ou d'un remblai composé de *n* profils, en y comprenant la mesure de la pente, est de :

Calcul par la cote sur l'axe	—	Échelle logarithmique	$2n + 3$
Calculs par profils entiers	—	Profilomètre Ziégler	$3n + 1$
		Échelle logarithmique	$3n + 3$
Calculs par demi-profils	—	Profilomètre Ziégler	$6n + 1$
		Échelle Logarithmique	$5n + 3$

Dans le calcul par demi-profils l'avantage de l'échelle logarithmique est très marqué, tandis que dans le cas des profils entiers le nombre d'opérations est sensiblement le même. — Mais nous pensons que dans ce dernier cas la règle conserve encore son avantage, il nous semble en effet que la lecture des surfaces sur le profilomètre, à l'intersection de deux lignes souvent très obliques dont l'une est en partie recouverte par l'équerre doit être plus longue que sur les divisions normales de la règle — et surtout que le déplacement dans la rainure du sommet d'une équerre de grande dimension, demande beaucoup plus de temps que le maniement d'une réglette très légère glissant dans une coulisse.

L'examen du tableau précédent fait tomber l'objection qui nous a été faite au sujet de l'apparente complication amenée dans le calcul des terrassements par les calculs de $H = at + h$ et de $V' = \frac{a^2t}{2}$ *d* que nous avons introduits dans la nouvelle méthode et qui n'existent pas dans les anciennes ; — le nombre total des opérations n'en a pas moins diminué très sensiblement dans le calcul par demi-profils sans avoir augmenté dans le calcul par profils entiers.

b. — *Comparaison du temps nécessité par chaque méthode.*

Profilomètre Ziégler. — M. Ziégler indique que deux agents exercés peuvent obtenir la surface de 100 profils (200 demi-profils) par heure soit un profil en 36″. — En admettant que les calculs des cubes soient faits à la règle, il faudra environ 30′ pour leur calcul, et ajouter encore 45′ pour la préparation des calculs, les additions, etc., — soit pour arriver au cube des 100 profils *une durée* de 2 h. 15′.

Pour une durée de travail de 8 heures. cela correspond au calcul du cube de 360 profils, soit 7 à 8 kilomètres de tracé. — Ce chiffre nous paraît un maximum.

Demi-profils. — Avec la règle à calcul, deux agents très exercés dont l'un est chargé d'appeler les nombres et d'écrire les résultats, l'autre de faire les lectures, peuvent arriver en une minute à faire trois déplacements de la réglette et 6 lectures correspondant au calcul de 3 demi-profils, soit à calculer 180 profils entiers à l'heure. Mais il n'est pas possible sans fatigue excessive de soutenir ce travail, on ne peut compter que sur 100 à 120 profils à l'heure en moyenne 110, donnant les cubes élémentaires. Nous comptons pour la préparation du travail, les additions, les opérations accessoires 60′ au lieu de 45′ admis par la méthode Ziégler, et nous arriverons par heure au calcul complet de 55 profils, soit par journée de 8 heures environ 450 profils qui à raison de 4 à 5 par hectomètre correspondent au calcul complet des terrassements d'une longueur de 10 à 12 kilomètres de tracé en terrain moyen.

Profils entiers. — Si l'on calcule par profils entiers, comme on est obligé de déplacer la réglette à chaque opération, le nombre des lectures sera un peu diminué, soit 4 à 5 par minute au lieu de 6, ce qui correspond à 250 profils à l'heure, qu'il faut réduire pratiquement à 200.

En comptant une durée égale pour les opérations accessoires, préparation des calculs, additions, etc., — le nombre des profils calculés dans une journée de 8 heures sera de 800, correspondant à une longueur de ligne de 16 à 18 kilomètres,

Cote sur l'axe. — Le calcul se faisant avec un diviseur constant t ira plus vite qu'en se servant du diviseur variable i, on peut donc compter que l'on pourra calculer largement 200 profils à l'heure, mais les opérations accessoires étant réduites dans la proportion de 1 à 2, n'exigeront que 30′.

Le calcul complet de 200 profils demandera donc 1 h. 30′, soit pour 8 heures plus de 1,000 profils correspondant à 20 ou 25 kilomètres.

Avec des agents ordinaires il faut réduire ces chiffres de 25 à 30 0/0.

Pour maintenir cette rapidité dans les calculs, il faut que les deux opérateurs puissent successivement se relayer dans leurs opérations.

L'emploi de la règle logarithmique, permettant de faire en une fois le calcul des surfaces et des volumes, sera donc sensiblement

plus rapide que celui du profilomètre, mais ce n'est pas son seul avantage.

Le profilomètre exige une planchette de 0,90 sur 1,20, assez encombrante par conséquent qu'on ne peut transporter en dehors du bureau, qui ne peut servir qu'au calcul des terrassements et dont le prix est assez élevé si on construit l'équerre, les coulisses et les échelles en métal.

L'appareil que nous proposons (fig. 3 et 4, pl. 125), se compose d'une simple réglette que l'on adapte à la régle logarithmique courante (fig. 1), servant à tous les calculs du bureau ainsi qu'aux études sur le terrain (tachéomètre, fig. 2); on peut même l'appliquer à la règle Lenoir.

Il est toujours prêt quel que soit le type de la plate-forme, ou le talus choisi — il s'applique aux profils spéciaux — enfin on peut l'emporter sur le terrain où son emploi permettra d'éviter des tâtonnements souvent très longs dans le choix du tracé.

§ 5. — APPROXIMATION OBTENUE

Il y a lieu d'examiner si l'erreur commise rentre dans la limite de la tolérance que comporte ce genre de calcul.

Nous admettrons, comme presque tous les auteurs, que l'erreur relative pour une règle de 0,40 de longueur ne dépasse pas $\frac{1}{300}$, la pratique montre que c'est là une limite au-dessous de laquelle on se tient généralement, la moyenne des erreurs ne dépassant guère $\frac{1}{500}$.

En admettant la valeur de $\frac{1}{300}$, au lieu de la surface exacte S nous aurons lu une surface S' et nous aurons;

$$S' = S\left(1 \pm \frac{1}{300}\right) = \frac{H^2}{t-p} \times 0,5\left(1 \pm \frac{1}{300}\right) \quad (1)$$

à cette surface S' correspondra une hauteur H' telle que

$$\frac{H'^2}{t-p} \times 0,5 = \frac{H^2}{t-p} \times 0,5\left(1 \pm \frac{1}{300}\right)$$

d'où l'on tire $$H'^2 = H^2 \frac{299}{300},$$

d'où enfin $$H' = H \sqrt{\frac{299}{300}} = 0{,}9989\ H$$

C'est-à-dire que l'erreur commise dans la lecture correspond à environ 0,001 H.

Mais on peut supposer que toutes les lectures soient affectées à la fois du maximum d'erreur dans le sens le plus défavorable.

Nous avons alors l'équation

$$S'' = \frac{H^2 \left(1 + \frac{1}{300}\right)}{(t - p)\left(1 - \frac{1}{300}\right)} \times 0{,}5 \left(1 + \frac{1}{300}\right) = \frac{H''^2}{(t - p)} \times 0{,}5$$

d'où l'on tire $$H''^2 = \frac{301}{299} H^2 (1 + 300) = \frac{903}{897} H^2$$

$$H'' = 9{,}9978\ H.$$

L'erreur correspondrait à environ 0,002 H, c'est-à-dire serait double de la précédente.

On voit donc que l'erreur propre à la règle, correspondrait pour une tranchée de 10 mètres à une différence dans la cote rouge de $0^m{,}01$ à $0^m{,}02$ elle est donc bien inférieure aux incertitudes que les inégalités du terrain, pierres, mottes de gazon, sillons de charrue, etc., donnent sur la détermination de la ligne moyenne hypothétique du terrain.

Si d'un profil, on passe à la série des profils constituant une tranchée ou un remblai donné les lectures se feront tantôt par excès, tantôt par défaut, les erreurs oscilleront dans un sens ou dans l'autre sans s'accumuler. Ce que montre d'ailleurs la pratique.

Les personnes qui ont l'expérience des levés de plans à la Stadia, savent que l'on peut avoir toute confiance dans les calculs à la règle, soit pour les cheminements, soit pour les nivellements d'études souvent fort longues, et que les résultats ne s'écartent pas de la limite de tolérance acceptée en topographie.

Nous avons appliqué à une même tranchée les diverses métho-

des de calcul à la règle, les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

	CUBE	DIFF	ERREUR relative	OBSERVATIONS
Calcul exact	2734.27	»	»	t = 2
Mesure graph. sur les profils rapportés	2807.2	+ 73	0.026	Pentes très irrég.
Calcul par la cote sur l'axe	2593 »	— 141	0.052	brisées sur l'axe
— par la méthode des profils entiers	2827 »	+ 93	0.033	En moyenne de
— par la méthode des demi-profils.	2742 »	+ 8	0.003	0.300 p. m.

L'erreur commise en adoptant la méthode des demi-profils est donc absolument négligeable en pratique. L'approximation par la méthode des profils entiers est suffisante dans un avant-projet, mais comme les pentes étaient très irrégulières et brisées, cette méthode dans ce cas particulier ne donne que des résultats peu approchés.

Comme conclusion de ce qui précède, on peut adopter les règles pratiques suivantes :

Calcul des terrassements en matière d'avant-projet.

1° Si les pentes sont régulières, plus petites que 0,05 pour les talus inférieurs à l'unité, et plus faibles que 0,1 pour les talus supérieurs à l'unité, on peut se dispenser, soit de la mesure, soit du calcul des pentes et opérer par la méthode de la cote sur l'axe ;

2° Si les pentes sont régulières et dépassent la limite indiquée on peut opérer par la méthode des profils entiers ou pentes moyennes.

3° Si les pentes sont très fortes et très irrégulières, il faut avoir recours à la méthode des demi-profils.

Métrés définitifs.

On peut en toute sécurité pour les métrés les plus exacts, même pour les réglements définitifs avoir recours à la méthode des demi-profils, tant que l'on admet qu'à partir de l'axe, la pente du terrain est en ligne droite. — Mais si l'on opère à flanc d'un coteau très abrupt où les ruptures de pentes ne tombent pas sur

l'axe, il sera prudent de rapporter les profils et d'opérer par une décomposition de triangles, surtout si le prix unitaire est élevé.

§ 6. — APPLICATION NUMÉRIQUE. — DISPOSITION DES CALCULS

Pour éviter les tâtonnements auxquels donne lieu l'application d'une méthode nouvelle, nous avons indiqué, sous forme d'une application numérique la disposition des imprimés et des calculs que la pratique nous a fait considérer comme la plus avantageuse.

Le profil en long (fig. 8 Pl. 126) est le modèle courant sur lequel il n'est pas nécessaire d'inscrire aucune des indications spéciales que nous y avons cependant indiquées pour faire mieux ressortir la concordance du profil avec les imprimés.

Sur les profils en travers types fig. 9 on a indiqué le calcul des constantes at, $\frac{a^2t}{2}$, $\sqrt{1+t^2}$.

Les imprimés sont établis pour le calcul par la méthode des *demi-profils*. — Ils peuvent servir pour les deux autres méthodes des *profils entiers* et de la *cote sur l'axe*, en ce cas un certain nombre de colonnes devient inutile. On a vu d'ailleurs que les trois modes de calcul peuvent être employés dans un même projet.

Ils sont disposés pour recevoir tous les éléments des calculs; en conservant leur trace, on évite de nombreuses chances d'erreurs, en même temps que l'on facilite la vérification.

Le calcul des emprises et celui des cubes se faisant au moyen des mêmes données, il nous a paru utile de les réunir sur un même imprimé pour éviter d'avoir à les inscrire deux fois. Les surfaces de talus se déduisant des surfaces d'emprise, il est naturel de placer les colonnes servant à ces calculs à la suite de celles des emprises. Le modèle que nous avons fait construire nous a paru concilier à la fois la clarté avec une grande rapidité dans le travail.

PRÉPARATION DES CALCULS

Données du profil en long. — On inscrit d'abord les numéros des profils avec les cotes rouges tels qu'ils figurent sur le profil

en long, en séparant les groupes de profils correspondant à chaque remblai ou déblai par un intervalle.

On inscrit dans la colonne 10 les distances entre les profils, en considérant les points de passage comme des profils spéciaux à cote rouge nulle, dont la distance a dû être calculée à l'avance (page 6).

Pentes. — On inscrit ensuite dans les col. 11 et 12 les pentes déterminées soit par les profils en travers, soit mesurées directement sur le plan au moyen de l'échelle spéciale (fig. 7, Pl. 126).

On complète la préparation de ces calculs en inscrivant dans la colonne d'observations, en tête de chaque série de tranchées ou remblais le mode de calcul à appliquer suivant le degré d'approximation nécessaire, ainsi que la valeur des constantes t, at, $\frac{a^2t}{2}$, $\sqrt{1+t^2}$ qui leur convient d'après la nature géologique du terrain.

La feuille ainsi préparée peut être confiée à un autre groupe de calculateurs, ce qui permet d'accélérer le travail dans une très large mesure.

Pour éviter les confusions, il est bon d'écrire à l'encre rouge les calculs auxiliaires que nous avons indiqués en caractères gras sur le modèle.

Cubes. — Il devient alors possible de calculer les cubes au moyen des formules établies n°s 14 et 16 (pages 169 et 170).

S'il y a lieu de tenir compte des profils mixtes, il sera prudent de les indiquer à l'avance au moyen d'un signe conventionnel. (Pm.)

Une fois le cube de chaque tranchée ou de chaque remblai obtenu, on en déduira le volume du prisme ayant pour base le triangle auxiliaire de surface $s' = \frac{a^2t}{2}$.

Mouvement des terres. — Ces calculs se font au moyen des volumes correspondant à chaque profil, suivant les méthodes en usage dans chaque compagnie. — Nous reproduisons pour éviter les recherches, les en-têtes adoptés par l'administration des Ponts et Chaussées.

Emprises. — On emploie les formules n°s 6, 10 et 13 pour les largeurs et n° 15 et 17 pour les surfaces (pages 163, 166, 168, 169 et 170).

On se rappellera que les distances applicables aux emprises (colonne 18), sont doubles des distances correspondantes aux cubes (colonne 9, tableau n° 1). On obtient ainsi une surface Σ E.

Francs bords. — A cette surface Σ E qui représente l'emprise limitée par les arêtes extérieures des talus il faut ajouter la surface correspondant aux francs bords.

On établit cette surface séparément pour chaque tranchée ou remblai en multipliant $\Sigma\, d'$ somme des distances applicables, par la somme des largeurs ($2 + 2 = 4$, dans l'exemple choisi) des francs bords de chaque côté de l'axe, et on l'ajoute à la surface Σ E obtenue précédemment, en faisant ressortir le total dans la colonne des surfaces définitives.

Pour l'établissement du parcellaire, on ajoute la largeur du franc bord à la largeur d'emprise et on inscrit le résultat à l'encre rouge dans la même colonne et immédiatement au-dessous de la largeur l obtenue par les formules; pour ne pas compliquer le tableau, nous ne les avons pas inscrites.

Surface des talus. — Nous avons vu que l'on obtient cette surface en retranchant de Σ E la surface de la plate-forme $2\, a\, \Sigma\, d'$ et qu'on multipliait le résultat par $\sqrt{1 + t^2}$.

Pour conserver la trace des opérations, les calculs se préparent dans la colonne d'observation, et dans la colonne *auxiliaire* (n° 25). On inscrit le résultat final dans la colonne *définitive* (n° 26).

CHAPITRE VII

Description et usage de la règle à calcul.

§ 1er. — ÉCHELLES ALGÉBRIQUES. — CALCUL DES PETITS ANGLES

Corps de la règle. — Nous avons choisi pour la règle une longueur de 0,40 consacrée par un long usage des études au tachéomètre, l'instrument est maniable sans être encombrant, l'œil embrasse facilement toute sa longueur, l'unité de l'échelle ($0^m,20$) est suffisante pour que la lecture soit facile, et l'approximation dont on a besoin soit obtenue.

Nous avons adopté la disposition générale de la règle Lenoir modifiée par Mannheim, qui se trouve dans toutes les mains comme convenant parfaitement à tous les calculs, en modifiant seulement ses dispositions accessoires.

La règle porte à son bord supérieur une échelle (n) des nombres répétée deux fois, calculée avec une caractéristique égale à 0,20.

Sur son bord inférieur elle porte une échelle des racines carrées ($\sqrt[2]{n}$) calculée avec une caractéristique double.

Nous avons adopté un curseur évidé qui au moyen de repères convenablement placés nous a permis de tracer trois échelles sur certaines réglettes et de profiter des faces latérales de la réglette taillées en biseau pour y tracer deux échelles.

L'échelle du biseau supérieur de 0,40 de longueur divisée en parties égales ($\log n$) donne les logarithmes des nombres lus sur l'échelle $\sqrt[2]{n}$.

L'échelle inférieure du biseau est une échelle des racines cubiques $\sqrt[3]{n}$.

La (fig. 1. Pl. 125) donne toutes les échelles rabattues en vraie grandeur sur le plan de la face supérieure. Les (fig. 5 et 6) représentent la coupe et la projection de la règle avec le curseur.

La règle est accompagnée de deux réglettes pouvant se substi-

tuer l'une à l'autre. Nous ne parlerons pas ici de la réglette n° 2 décrite page 186 et suivantes,

Réglette n° 1 face supérieure. — Cette échelle (fig. 1) reproduction de la réglette Mannheim, est destinée aux calculs algébriques; elle porte sur son rebord supérieur une échelle n des nombres, sur son rebord inférieur une échelle des $\sqrt[3]{n}$.

Calcul des petits angles. — Sur l'échelle des nombres on a tracé trois logarithmes constants;

le premier marqué $''$ correspond au $\log 206{,}265 = \log \dfrac{1}{arc\ 1''}$

le second — $'$ — $\log 3{,}438 = \log \dfrac{1}{arc\ 1'}$

le troisième — G — $\log 63{,}662 = \log \dfrac{1}{arc\ 1^G}$

Comme pour les petits angles on peut admettre que les sinus et les tangentes sont proportionnels aux arcs, ces logarithmes permettront de faire les calculs des expressions trigonométriques tant que les angles ne dépasseront pas 3 à 4 grades ou degrés.

Nous donnons Tableau II colonne 1, les caractéristiques correspondant aux petits arcs.

Nous croyons inutile de reprendre la théorie des diverses opérations qu'on trouve dans tous les traités spéciaux, nous nous bornerons à indiquer les applications nouvelles que permet de faire l'échelle des $\sqrt[3]{n}$. (page 208).

Echelle des $\sqrt[3]{n}$. — Cette échelle a une caractéristique triple de celle des nombres n soit $0^m{,}60$ et comme la règle n'a que $0^m{,}40$, on a dû replier le dernier tiers de cette échelle. Pour faciliter les calculs, on a reproduit à la suite le premier tiers de l'échelle. Cette disposition loin d'être incommode facilite le calcul mental des caractéristiques.

En effet selon que le cube sera lu dans la première, la seconde ou la troisième partie de la règle, C étant la caractéristique du log. du cube et c celle du log. du nombre on aura respectivement

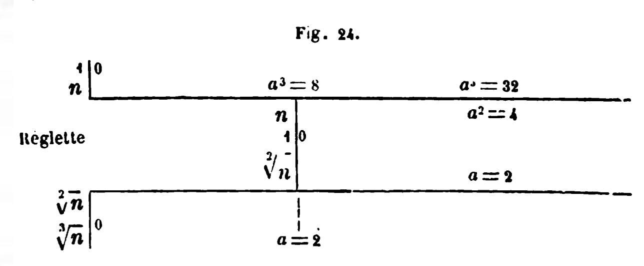
$$C = 3c \qquad C = 3c + 1 \qquad C = 3c + 2$$

Suivant le caractère de divisibilité de c, on saura immédiatement dans quelle partie on devra lire le nombre.

L'échelle donne par une simple lecture les cubes ou les racines cubiques, elle permet aussi de calculer par un seul mouvement de la réglette les puissances 5ᵉ et 6ᵉ ainsi que les racines de cet indice.

Puissances et racines cinquièmes. — On a $\log a^5 = \log a^3 + \log a^2$. Le diagramme suivant indique l'opération :

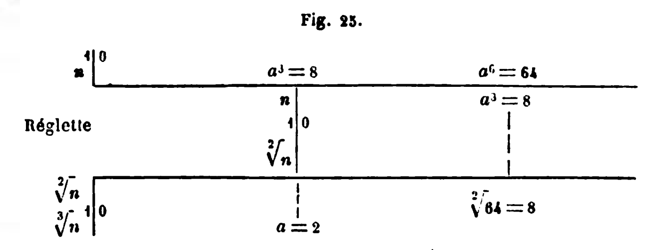
Fig. 24.



Réciproquement pour trouver a connaissant a^5, il faut amener au-dessous de a^5 lu sur l'échelle n des nombres de la règle, un nombre a lu sur l'échelle des $\sqrt[3]{n}$ de la réglette qui reproduise ce même nombre a lu sur l'échelle des $\sqrt{n}$ au-dessous de l'indicateur, c'est comme on le voit une opération identique à celle de l'extraction des racines cubiques sur la règle Mannheim. Mais il convient de dire que l'extraction de la racine cinquième se fait plus rapidement au moyen de l'échelle des logarithmes.

Puissances et racines sixièmes. — On a $\log a^6 = \log a^3 + \log a^3$. Le diagramme suivant indique l'opération.

Fig. 25.



Réciproquement pour trouver a connaissant a^6 on pose $\log a^3 = \frac{1}{2} \log a^6$, on obtient donc directement a^3 en extrayant la racine carrée de a^6. En amenant ce chiffre a^3 lu sur l'échelle n de la réglette au-dessous de a^6, on trouve a au-dessous de l'indicateur de la réglette, l'opération est très rapide.

§ 2. — ÉCHELLES TRIGONOMÉTRIQUES ET TOPOGRAPHIQUES

Echelles trigonométriques. — La disposition du curseur nous a permis de réunir sur une seule face les échelles des sinus, et tangentes, placées sur les bords supérieur et inférieur de la réglette et au milieu les échelles des sinus carrés et des corrections de nivellement, tracées sur le milieu de la réglette.

Cette disposition permet de résoudre successivement, sans changer la réglette, les formules dans lesquelles se trouvent des sinus et des tangentes.

Les échelles médianes sont reportées à droite de 12 m/m, distance entre les repères correspondants du curseur.

Echelles des sinus et tangentes.— Ces échelles correspondent à la division centésimale qui se généralise de plus en plus parce qu'elle abrège les calculs en évitant de nombreuses chances d'erreurs.

La règle n'ayant que deux unités de longueur, les échelles ont été établies entre les limites des valeurs des logarithmes comprises entre $\bar{2}$ et 0, qui correspondent ;

pour les sinus aux arcs compris entre $0^G,63763$ et 100^G,
— tangentes — — 0 ,63760 et 50.

Petits arcs. — Pour les petits arcs moindres que 0,6376 on sait que ces lignes sont à peu près portionnelles aux arcs. Il suffira donc de multiplier l'arc par 10 ou 100 de manière à obtenir un arc compris dans l'échelle et de diviser le résultat obtenu par le même nombre 10 ou 100, pour avoir la valeur correspondant à l'arc donné.

Numération. — Pour les *tangentes*, l'échelle porte deux numérations, l'une de gauche à droite va de 0 ,637 à 50^G, la seconde va de 50^G a $99^G,363$, de sorte que *les arcs inscrits sur la même division sont complémentaires*, ce qui permet de trouver sans tenir compte des signes les tangentes et cotangentes de tous les arcs de la circonférence en changeant seulement le chiffre des centaines par les formules connues.

$$\text{Tg}\,\alpha = \text{Tg}\,(\alpha \pm k\,200) \qquad \cot\alpha = \text{Tg}\,[\alpha \pm (2\,k + 1)\,100].$$

Pour les sinus l'échelle porte également deux numérations, l'une allant de gauche à droite correspondant au premier quadrant, une autre allant de droite à gauche correspondant au deuxième quadrant. *Les arcs inscrits sur la même division sont donc supplémentaires*, ce qui permet également de trouver la valeur des sinus et cosinus de tous les arcs de la circonférence en changeant le chiffre des centaines au moyens des formules fondamentales.

$$\sin \alpha = \sin (\alpha \pm k\ 200) \qquad \cos \alpha = \sin [\alpha \pm (2k + 1)\ 100]$$

Réduction des deux divisions du cercle. — Les dispositions précédentes sont celles adoptées par M. Porro et reproduites par M. Moinot, nous avons cru devoir y ajouter deux logarithmes constants servant à transformer les deux divisions sexagésimale et centésimale l'une dans l'autre.

Si α' exprime la valeur d'un arc sexagésimal réduit en ', et a^G la valeur du même arc suivant la division centésimale on a,

$$\frac{\alpha'}{5.400'} = \frac{a^G}{100} \qquad \text{d'où } a^G = \alpha' \frac{1}{54}$$

le logarithme constant $\frac{1}{54}$, caractéristique $\bar{2}$, est marqué *

Si l'arc α'' est exprimé en secondes sexagésimales on a :

$$\frac{\alpha''}{324.000''} = \frac{a^G}{100} \qquad \text{d'où } a^G = \alpha'' \times \frac{1}{3.240}$$

le logarithme constant $\frac{1}{3.240}$, caractéristique $\bar{5}$, est marqué **.

Avec ces échelles on peut donc faire les calculs de la forme $a \sin \alpha$ au moyen de deux mouvements de la réglette, si α est exprimé en minutes ou secondes.

Echelle inverse des sinus carrés. — Elle sert pour la réduction des distances à l'horizon dans les opérations à la stadia, qui est donnée par la formule :

$$d = g \sin^2 V = \frac{g}{\frac{1}{\sin^2 V}} = \frac{g}{i}$$

On a adopté cette forme pour pouvoir trouver d'un seul mouvement de la réglette les valeurs

$$d = \frac{g}{i} \qquad \text{et } h = d \cot V = \frac{g}{i} \cot V$$

En établissant cette nouvelle règle il convenait d'examiner s'il n'y avait pas lieu d'adopter le modèle de M. Wild, professeur à Zurich, exclusivement employé en Suisse pour les calculs topographiques, qu'on a beaucoup préconisé dans ces derniers temps (Mémoire de M. Meyer, Société des Ingénieurs Civils 1884, II.)

En adoptant les angles zénithaux, suivant l'usage français, qui ont l'énorme avantage d'éviter l'emploi des signes, les formules de M. Wild deviennent

$$d = g \sin^2 V \quad \text{et} \quad h = d \cot V$$

d'où l'on tire $$h = g \sin^2 V \cot V = g \sin V \cot V = g \frac{\sin 2V}{2}$$

En remplaçant l'échelle des tangentes par l'échelle des valeurs $\frac{\sin 2V}{2}$ on trouve il est vrai directement la valeur de h, mais elle ne dispense pas de l'emploi de l'échelle des $\sin^2$ pour obtenir la valeur de d, dans la règle suisse, cette échelle est tracée sur le curseur.

Ainsi loin de gagner en rapidité sur la disposition de M. Moinot, cette méthode est un peu plus longue, elle offre en outre l'inconvénient capital d'exiger une échelle qui ne peut guère servir que pour cet usage, tandis que les échelles des tangentes et sinus sont utilisées pour le calcul de toutes les formules trigonométriques usuelles.

Il est donc avantageux de maintenir les échelles ordinaires.

Echelle des corrections de nivellement. — On sait que pour tenir compte de la réfraction, et de la sphéricité de la terre, le niveau apparent doit être corrigé d'une quantité fonction de la distance donné par la formule

$$x = \frac{d^2}{2R} - 0{,}0653 \frac{d^2}{R} = 0{,}4347 \frac{d^2}{R} = d^2 : 1464$$

dans laquelle on a :

d *Distance du niveau à l'objet visé.*

R *Rayon terrestre égal à* 6,366,000^m.

0,0653 *Coefficient moyen de réfraction d'après les plus récentes déterminations.*

L'échelle donne la valeur de la correction correspondant à la distance lue d sur l'échelle n des nombres pour les distances variant de 1,000 à 10,000^m.

Pour les distances comprises entre 100 et 1,000 m, il faut diviser le nombre trouvé par 100, et pour les distances comprises entre 10,000 et 100,000 il faut au contraire multiplier la correction par 100.

§ 3. — PRINCIPALES FORMULES ALGÉBRIQUES CALCULABLES D'UN SEUL MOUVEMENT DE LA RÉGLETTE

Nous avons réuni dans le tableau ci-dessous les principales formules algébriques calculables d'un seul mouvement de la réglette pour montrer le parti que l'on peut tirer de l'échelle des racines cubiques.

On a désigné par les lettres *a, b, c* les valeurs numériques entrant dans les formules.

Lorsque par une position unique de la réglette, on peut obtenir toutes les valeurs de la formule correspondant aux diverses valeurs d'une variable, cette variable est désignée par x.

Lorsque la formule ne contient pas x, on est obligé de changer la réglette de place pour chaque valeur de la variable.

GROUPE A. — *Les résultats se lisent sur une des échelles* n *de la règle ou de la réglette.*

m et n représentent les combinaisons possibles des exposants 1, 2 et 3.

$$y = a^{m} x^{n} \qquad y = \frac{x^{m}}{b^{n}} \qquad y = \frac{a^{m}}{b^{n}} x^{m}$$

$$y = a^{3} c^{3} \qquad y = \frac{a^{3}}{b^{3}} c^{3}.$$

Ces deux dernières formules exigent un mouvement supplémentaire du curseur.

Extraction des racines carrées et cubiques des valeurs précédentes de y.

$$y' = \sqrt[3]{y} \qquad y'' = \sqrt{y}.$$

GROUPE B. — *Les résultats se lisent sur une des échelles* $\sqrt[3]{n}$ *de la règle ou de la réglette.*

p et q représentent toutes les combinaisons possibles des exposants 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$.

$$y = x^{\frac{2}{3}} \qquad y = ax^{\frac{2}{3}} \qquad y = \frac{x^{\frac{2}{3}}}{b^p} \qquad y = \frac{a^p}{b^q} x^{\frac{2}{3}}$$

Extractions des racines cubiques des valeurs précédentes de y.

$$y' = \sqrt[3]{y}$$

Groupe C. — *Les résultats se lisent sur l'échelle des* $\sqrt[3]{n}$.

p et q représentent toutes les combinaisons possibles des exposants 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$.

Avec un mouvement supplémentaire du curseur, r peut représenter un des exposants 1, 2, 3, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{2}$.

$$y = (ax)^{\frac{2}{3}} \qquad y = \left(\frac{a^p}{b^q} x\right)^{\frac{2}{3}} \qquad y = \left(\frac{a^p}{b^q} c^r\right)^{\frac{2}{3}}$$

Groupe D. — *La réglette est renversée. — Les résultats se lisent au moyen du curseur.*

$$y = \frac{a^m c^n}{x} \qquad y = \frac{a^m c^n}{x^2} \qquad y = \frac{a^m c^n}{x^3}$$

Il serait possible de multiplier à l'infini les formules en combinant les mouvements de la réglette et du curseur ; les exemples qui précédent indiquant les calculs possibles avec un seul mouvement, chacun imaginera facilement ce qu'il conviendra de faire dans chaque cas particulier, lorsqu'ou devra les multiplier.

Nous croyons utile de rappeler les quelques principes extrêmement simples auxquels on peut ramener les calculs à la règle, pour éviter de recourir aux traités spéciaux où ils se trouvent noyés dans trop de détails.

Groupe A. — *Exposants du premier degré.* Si on ne tient pas compte des exposants les formules du tableau peuvent toutes se mettre sous une des trois formes suivantes ac $\frac{a}{b}$ $\frac{ac}{b}$.

Les calculs peuvent s'effectuer : 1° au moyen des diagrammes

1 et 2 où le numérateur se lit sur la règle et le dénominateur sur la réglette, ce sont les plus usités.

DIAGRAMME N° 1

Fig. 26.

log a

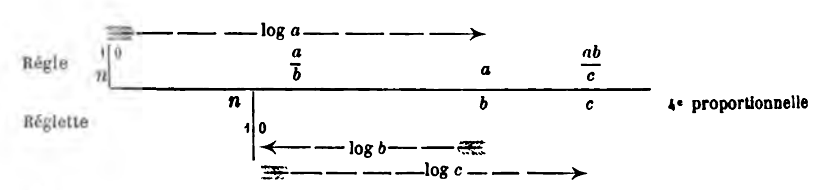
Règle 1 0 n — $\frac{a}{b}$ — a

Réglette n 1 0 — b

log b

Multiplication et division

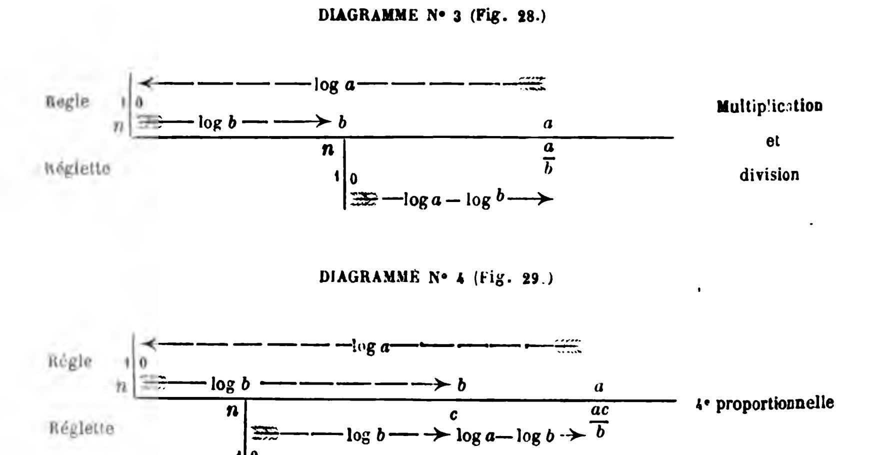
DIAGRAMME N° 2 (Fig. 27.)



2° — au moyen des diagrammes 3 et 4 où le numérateur et le dénominateur se lisent à la fois sur la règle.

DIAGRAMME N° 3 (Fig. 28.)

DIAGRAMME N° 4 (Fig. 29.)

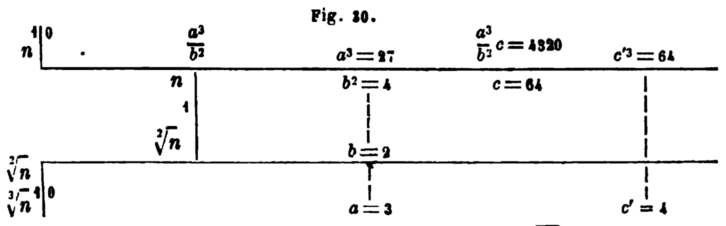


Les facteurs sont du 2e ou 3e degré. — Si une ou plusieurs des quantités a b c sont affectées des exposants 2 et 3 on ramène l'expression algébrique à l'expression numérique équivalente en remplaçant les termes affectés d'un exposant lus sur l'échelle des $\sqrt{}$ cor-

respondants, par leurs valeurs numériques lues au moyen du curseur sur l'une des échelles n de la règle ou de la réglette. Quelques exemples feront comprendre ce qui précède.

I. — Soit à calculer $\frac{a^3}{b^2} c = \frac{3^3}{2^2} \times 64$.

Fig. 10.



Le facteur $a = 3$ étant lu sur l'échelle des $\sqrt{n}$, on lit $a^3 = 27$ sur l'échelle n de la règle au moyen du curseur.

Le facteur $b = 2$ lu sur l'échelle $\sqrt[2]{n}$ de la réglette, est amené au-dessous de a^3, le nombre $b^2 = 4$ est alors en coïncidence avec $a^3 = 27$. — Le quotient $\frac{a^3}{b^2}$ se trouve au-dessus de l'indicateur de la réglette, et le produit $\frac{a^3}{b^2} c = 4.320$ se trouve au-dessus du facteur c lu sur l'échelle n de la réglette.

II. — Soit à calculer $\frac{a^3}{b^2} c'^3 = \frac{3^3}{2^2} 4^3$.

Comme il n'y a pas d'échelle de $\sqrt[3]{n}$ mobile, on ne peut faire l'opération directement, on est obligé d'y suppléer au moyen d'une manœuvre supplémentaire du curseur, $\frac{a^3}{b^2}$ est déterminé comme tout à l'heure, et la réglette étant en position on lit au moyen du curseur la valeur $4^3 = 64$ sur l'échelle n de la réglette. Cette valeur étant reportée sur l'échelle n de la réglette on retombe sur le cas précédent, et on lit comme tout à l'heure le résultat 4320 au-dessus de 64.

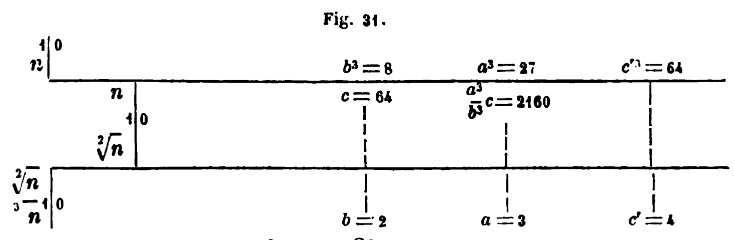
III. — Si l'exposant 3 se trouve en dénominateur, on peut opérer comme au II par un mouvement supplémentaire du curseur, mais on l'évite en se servant des diagrammes (3) et (4) qui en ce cas permettent d'opérer plus rapidement avec moins de chance d'erreur.

Soit $\frac{a^3}{b^3}$. On amène l'indicateur de la réglette au-dessous de la valeur b^3 du dénominateur lue au moyen du curseur sur l'échelle n de la réglette, le quotient $\frac{a^3}{b^3}$ se lit sur la réglette au-dessous de la valeur a^3 lue sur l'échelle n de la règle.

IV. — Soit à calculer $\frac{a^3}{b^3} c = \frac{3^3}{2^3} 64 = 2160$. (Diagramme n° 4). et fig — .

Le dénominateur b^3 lu au moyen du curseur sur l'échelle n de la réglette, on amène au-dessous le nombre c lu sur l'échelle n de la réglette, le résultat 2160 se trouve au-dessous de la valeur de $a^3 = 27$.

Fig. 31.



V. — Soit à calculer $\frac{a^3}{b^3} c'^3 = \frac{3^3}{2^3} 4^3 = 2160$. (Diagramme n° 4 et fig. 31.)

Par suite de l'absence d'échelle de $\sqrt[3]{n}$ mobile, nous sommes comme au II obligés d'avoir recours à une manœuvre supplémentaire du curseur, on détermine la valeur de $c'^3 = 64$ et on retombe sur le cas précédent.

Racines carrées ou cubiques des expressions précédentes. — Une fois la valeur numérique de l'expression trouvée sur l'une des deux échelles supérieures, on extraira la racine demandée.

Si l'on a à extraire la racine cubique il faudra nécessairement lire la valeur sur l'échelle n de la règle.

On aura soin de tenir compte du caractère de divisibilité de la caractéristique pour déterminer la partie de la règle où il faut lire le nombre dont on a la racine à extraire.

Si on a une expression à calculer dans laquelle un ou plusieurs facteurs sont en dehors du radical, il sera plus commode de les y faire rentrer comme dans le cas suivant :

$$y = a \sqrt[3]{\frac{x}{b}} = \sqrt[3]{\frac{a^3}{b}x}.$$

On calcule $\frac{a^3 x}{b}$ comme il a été dit, et on extrait ensuite la $\sqrt[3]{}$.

Groupe B. — La valeur y lue sur l'échelle des $\sqrt[2]{n}$ est égale à la valeur x correspondante sur l'échelle des $\sqrt[3]{n}$ élevé à la puissance $\frac{3}{2}$; c'est donc de l'échelle des $\sqrt[2]{n}$ qu'on devra se servir pour le calcul des expressions affectées de cet exposant.

Pour effectuer les calculs, on opérera comme précédemment sur les valeurs numériques des quantités affectées d'un exposant, lues sur l'échelle des $\sqrt[2]{n}$, au moyen du curseur.

On peut extraire les $\sqrt[3]{}$ de ces expressions.

En élevant au carré ces formules, on retombe sur celles du groupe A, mais il est *presque toujours* plus rapide d'opérer directement comme il vient d'être dit.

Groupe C. — La valeur x lue sur l'échelle des $\sqrt[3]{n}$ est égale à la valeur y correspondant sur l'échelle des $\sqrt[2]{n}$ élevée à la puissance $\frac{2}{3}$; c'est donc de l'échelle des $\sqrt[3]{n}$ qu'on devra se servir pour le calcul des expressions affectées de cet exposant.

L'absence d'une échelle mobile de $\sqrt[3]{n}$, limite le nombre d'expressions de cette forme que l'on peut calculer, à l'extraction des $\sqrt{}$ des expressions calculées au moyen des échelles $\sqrt[2]{n}$.

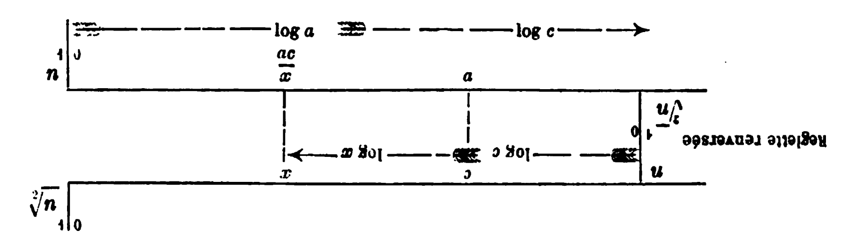
Comme pour le groupe précédent, on pourrait en élevant ces expressions à la puissance 3 et à la puissance 2, les ramener à l'une des formes du groupe A, mais *généralement* le calcul direct sera plus simple et plus rapide.

Groupe D. — Lorsque la variable est en dénominateur, on peut calculer l'expression au moyen d'un des diagrammes (1) à (4) mais il faut déplacer la réglette pour chacune des valeurs de la variable.

En renversant la réglette, on peut obtenir au moyen d'une seule position toutes les valeurs de l'expression correspondant aux diverses valeurs de la variable.

Le diagramme suivant nº 5 indique l'opération à effectuer.

DIAGRAMME N° 5 F. (Fig. 22)



Si dans les formules du tableau on a $c^n = c^3$, il faudra recourir à un mouvement supplémentaire du curseur de même que pour le calcul de la formule $y = \frac{a^m c^n}{x^3}$ en opérant comme à l'exemple II.

§ 4. — APPLICATIONS DIVERSES DES ÉCHELLES LOGARITHMIQUES

Dans les traités spéciaux, on cite un grand nombre d'applications que l'on peut faire au moyen d'échelles spéciales, calculs d'intérêt, de change, d'amortissement, statistique, équivalents chimiques, filatures, tarifs de chemins de fer, etc., etc.

En effet lorsqu'on se trouve avoir à répéter un très grand nombre de fois le calcul d'une formule pour lequel on peut se contenter d'une approximation de $\frac{1}{300}$ on a avantage à calculer une échelle spéciale que l'on fait graver sur une réglette que l'on puisse appliquer à la règle d'un modèle donné. Il suffit même souvent de la dessiner sur une bande de papier collée à l'avance sur une des réglettes.

§ 5. — GÉNÉRALISATION DES FORMULES CALCULABLES A LA RÈGLE

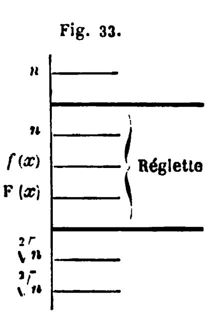
La disposition que nous avons donnée à la règle permet d'élargir beaucoup le cadre de ses applications, on voit en effet qu'en traçant sur la réglette trois échelle n $f(x)$ $F(x)$ on peut

calculer d'un seul mouvement les expressions de la forme

$$\frac{a}{b} f(x) \qquad \frac{ab}{f(x)} \qquad a \frac{f(x)}{F(x)}$$

a et b pouvant être affectés des exposants 2 et 3, et qu'on peut prendre en outre les racines carrées ou cubiques de ces expressions.

Fig. 33.



Nous devons nous borner à signaler ici le parti qu'il est possible d'en tirer, les développements ne pouvant trouver place dans un mémoire spécial au calcul des terrassements.

§ 6. — MEMENTO, FORMULES ET DIVISEURS POUR FACILITER LES CALCULS A LA RÈGLE

Nous avons profité de l'espace libre dans l'intérieur du couvercle de l'écrin pour y coller un memento analogue à celui de la règle Lenoir, mais plus développé. Nous y avons groupé les formules et les renseignements les plus usuels concernant la géométrie, la mécanique, la topographie, la construction en leur donnant la forme la plus commode pour les calculs à la règle. Il serait facile d'en établir d'analogues pour chacune des branches de l'art de l'Ingénieur.

Pour profiter de tout l'espace disponible, on a abrégé autant qu'on l'a pu les diverses indications. Nous avons reproduit ce memento (tableau n° II) avec les indications complètes pour qu'en cas de doute on puisse s'y référer. Au reste, la pratique aura promptement appris le vrai sens de chacune des abréviations.

NOTE SUR LA DÉTERMINATION DES DISTANCES EN PRENANT POUR BASE UNE MIRE DE HAUTEUR CONSTANTE

Lorsque la distance dépasse 600 mètres les opérations à la stadia deviennent rapidement indécises et cessent d'être possibles au delà de 800 mètres. On a cependant souvent intérêt à pousser jusqu'à 1200 ou 1500 mètres la détermination de certains points

sans déplacer l'instrument. On peut alors prendre comme base la hauteur fixe de la mire que l'on augmente autant que l'on peut au moyen de jalons terminés par un signal très visible. Nous donnons cette formule encore très peu connue, que l'étude de terrains très accidentés nous a amenés à chercher.

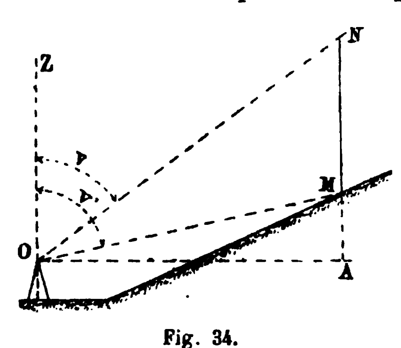


Fig. 34.

Soit MN $= h$ la hauteur de mire, en visant successivement de la station O les deux extrémités M et N, on a;

$$d \cot V = AN$$
$$d \cot V' = AM$$

retranchant membre à membre

$$d(\cot V - \cot V') = AM - AN = h$$

d'où $d = \dfrac{h}{\cot V - \cot V'} = \dfrac{h}{\dfrac{\cos V}{\sin V} - \dfrac{\cos V'}{\sin V'}} = \dfrac{h \sin V \sin V'}{\sin (V' - V)}$

Comme V diffère peu de V', quelques minutes seulement, l'erreur sera faible si on remplace sin V sin V' par la valeur $\sin^2 \dfrac{V + V}{2}$

En posant $V' - V = \delta$ il viendra pour la valeur de d

$$d = \frac{h \sin^2 \dfrac{V + V'}{2}}{\sin \delta}$$

Mais $\sin^2 \dfrac{V + V'}{2} > \sin V \sin V'$ la valeur de d sera donc un peu trop forte; on a reconnu que dans les limites de la pratique en substituant à $\sin \delta$ la valeur un peu plus forte $\operatorname{tg} \delta$ on obtenait une correction satisfaisante. La formule deviendra donc

$$d = \frac{h}{\operatorname{Tg} \delta} \sin^2 \frac{V + V'}{2}$$

que l'on peut calculer d'un seul mouvement de la règle.

TABLE DES MATIÈRES

NOTE

SUR LE RÔLE DE LA MEULE EN ÉMERI

dans le travail des métaux

PAR M. DELFOSSE

Dans un article paru dans le *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils*, nous émettions cette opinion (qui jusqu'à présent n'a pas trouvé de contradicteurs) que le bon marché de l'objet fabriqué dépendait bien plus de l'organisation et de la direction du travail que du bas prix des salaires.

Nous nous sommes déjà expliqué en partie au sujet de la voie à suivre pour diriger et organiser une usine; reste la question de l'outillage qui revêt tant de formes diverses, selon le métal employé, ou, la nature de l'objet ouvré que nous ne pouvons guère que prendre un peu au hasard, ce qui nous semble le plus propre à accélérer une fabrication quelconque, étant sous-entendu que cette dernière se rapporte à des articles en fonte, fer ou acier. Le façonnage de ces divers métaux à subi depuis un certain temps une révolution complète. Le burin a fait place à la raboteuse, mortaiseuse ou étau limeur. La lime a été en partie supplantée par la fraise et la meule en grès ou en émeri.

Nul doute que vu cet état de choses, l'avenir industriel appartienne à la nation la plus favorisée sous le rapport de la substitution des engins mécaniques à la main de l'homme. Devons-nous nous réjouir ou nous alarmer de cette transformation? il est bien

difficile de se prononcer, D'une part, nous voyons disparaître petit à petit l'habileté, le tour de main de l'ouvrier; mais, en compensation, ce qui, il y a une trentaine d'années, ne pouvait s'acquérir qu'à des prix relativement élevés, est devenu depuis accessible aux petites bourses, et par ce fait même qu'étant actuellement de consommation courante, concourt au confortable ou au bien-être du plus grand nombre.

Il ne nous appartient pas de résoudre cette question dans un sens ou dans l'autre. Du reste, problème et solution ne seraient pas ici à leur place. Ce qui doit à la fois nous intéresser et nous inquiéter, c'est de chercher, trouver et rassembler les moyens pour nous autres, ingénieurs, mécaniciens, industriels, de ne pas nous laisser distancer par nos voisins. — Il existe à l'heure qu'il est un fait palpable: c'est que dans ce siècle de progrès à outrance, celui ou ceux qui restent inertes dans ce courant d'activité et de production, dont nous subissons forcément la loi, sont inévitablement destinés à la ruine, l'indifférence ou la décadence.

C'est pourquoi nous pensons rendre service à bien des industries mécaniques en appelant leur attention sur un outil, connu, répandu même parmi elles mais, dont l'application n'est pas encore assez méthodique pour que l'on puisse en tirer tout le parti que l'on est en droit d'en attendre. Nous voulons parler de la meule en émeri sous quelque forme qu'elle se présente.

Cet engin que l'on sait si bien employer en Angleterre et en Amérique, hésite à s'implanter chez nous. La routine, une des plaies les plus graves et les plus invétérées de l'industrie française, lui dispute pied à pied le terrain.

Et cependant de combien d'applications n'est-elle pas susceptible :

Dans les chaudonneries, forges, fonderies pour l'ébarbage des tôles, pièces forgées, ou moulées ;

Dans les ateliers de petites et grosses mécaniques pour le dressage, façonnage, ajustage et polissage des pièces de détail, de machines!

Avec un peu d'intelligence et de bonne volonté on arrive à des résultats surprenants. Nous, personnellement, sommes arrivés à y exécuter des travaux qui jusqu'alors étaient l'apanage de la fraiseuse. Nous décrivons plus loin l'appareil que nous avons ima-

giné pour y faire les équerres mécaniquement, pour mettre des pièces d'épaisseur etc., pour dépouiller les forêts américaines.

Très peu parmi ceux qui l'emploient, savent s'en servir d'une manière efficace. La cause en est que, le plus souvent, une ou plusieurs meules en émeri placées dans un atelier servent à n'importe qui et pour n'importe quoi. C'est-à-dire que la plupart du temps un ouvrier quelconque vient y diminuer une pièce de volume sans précaution aucune, échauffe la meule quand elle n'est pas taillée, ou y forme des trous et des bosses quand elle est en bon état.

Une meule en émeri travaillant dans ces conditions devient plutôt un meuble encombrant et dangereux qu'un outil productif et utile. Tout autre en est le résultat quand la meule est entretenue par un ouvrier spécial qui y est attaché, lequel la taille quand le besoin s'en fait sentir, s'arrange de manière à ce qu'elle tourne toujours parfaitement rond, et la fait réparer dès que le moindre jeu se manifeste dans les coussinets de l'arbre.

Il est facile de se rendre compte que cet entretien n'est pas superflu, si l'on compare une meule à une fraise dont toutes les dents doivent travailler et enlever successivement chacune la portion de métal qui lui incombe. De même, pour qu'une meule travaille bien, il faut ou plutôt il faudrait que tous les grains la composant passent devant toute la surface de la pièce de métal qui lui est présentée, en lui enlevant chacun la molécule métallique correspondante.

Description des différents systèmes. — Les meules en émeri sont généralement employées dans l'industrie sous trois formes différentes qui sont :

Le lapidaire horizontal ;
Le lapidaire vertical ;
La meule à la circonférence.

Le premier peut se comparer à une poupée de tour renversée dont le plateau suivrait la direction horizontale.

Le second affecte également la forme d'une poupée de tour, mais dont le plateau suit la direction verticale.

Et enfin, la troisième ressemble comme disposition à la meule en grès ordinaire.

Lapidaire horizontal. — Cet outil très usité dans la petite mécanique, l'optique, la bijouterie, l'article de Paris, etc., est en émeri, en cuivre ou en plomb. Ses dimensions sont généralement restreintes, en rapport du reste avec celles des pièces à lapider.

Jusqu'à présent son emploi n'a pas encore donné de bons résultats dans la fabrication de moyennes pièces ; quant à l'utiliser pour de grosses pièces, il ne faut pas y compter ; et quoique la mécanique nous réserve encore bien des surprises, il est peu probable que le lapidaire horizontal arrive à franchir la limite qui lui est assignée par les industries citées plus haut.

Lapidaire vertical. — Si le lapidaire horizontal a des applications restreintes, il n'en est pas de même de celui vertical dont le rôle, déjà très étendu, peut s'étendre encore sous l'impulsion de certains perfectionnements. Quelle que soit sa dimension, on arrive à y exécuter des travaux ordinaires et même de précision qui peuvent être mis en parallèle avec ceux faits à la fraise, mais bien plus avantageusement car l'opération se fait beaucoup plus rapidement. Pour bien se rendre compte des services que peut rendre ce lapidaire dans la fabrication de certains objets, il est indispensable d'indiquer :

1° Comment une pièce doit être meulée ou lapidée ;

2° Les conditions de construction et d'installation pour en obtenir la plus grande somme de rendement ;

3° Enfin le collage de la couronne sur le plateau.

Meulage ou lapidage. — Quel que soit l'objet ou le métal que l'on veut meuler, il est absolument nécessaire que le contact ait lieu par intermittences, afin d'échauffer le moins possible ou la pièce ou la meule, car la première peut se gondoler facilement et la seconde perdre son taillant.

Ainsi, un meuleur habile n'opère la diminution d'une surface de métal quelconque que par des pressions successives et répétées à très peu d'intervalles, quand il meule à la volée, c'est-à-dire lorsque la pièce est manœuvré à la main. Quand au contraire, on meule un objet fixé sur le chariot le passage devant la meule doit s'opérer très rapidement, et il ne doit s'enlever que peu de matière à la fois, quitte à y revenir plus souvent.

Cette manière de faire est imposée par la vitesse (environ 20 mètres à la seconde), et aussi parce que généralement on travaille à sec.

Dans ce dernier cas, nous recommandons aux propriétaires de meules en émeri, qu'il y en ait une ou plusieurs, de les faire communiquer à un couloir au bout duquel on attelle un aspirateur quelconque. Cette disposition produit le meilleur effet, en ce sens que les poussières d'émeri ou de métal si funestes aux organes respiratoires se trouvent aspirées, et n'incommodent plus l'ouvrier; en plus de cela les transmission et mouvements à proximité de ces machines se trouvent également préservés d'une usure précoce.

Conditions et installations. — Comme notre but en écrivant cette note n'est pas de faire de la propagande en faveur de tel ou tel constructeur ou fabricant, mais bien d'être utile à ceux de nos collègues qui voudraient mettre nos conseils à profit, nous expliquerons d'une manière générale et sans dessin comment un lapidaire horizontal doit être construit et installé.

Nous prendrons pour notre description deux types; le premier avec couronne en émeri de 50 à 60 centimètres de diamètre, le second avec couronne de 1 mètre à 1 mètre 20 centimètres.

Pour le premier type la poupée supportant l'arbre, devra reposer sur un socle en fonte creux, solide, pour éviter les vibrations, et scellé sur une pierre de fondation.

L'arbre sera en acier ou en bon fer cémenté et trempé à l'endroit des collets, très bien ajusté dans des coussinets serrés à bloc, renfermés eux-mêmes dans des paliers graisseurs à joues pour les préserver de la poussière d'émeri.

A chacune de ses extrémités est fixé un plateau recevant la couronne dont la section varie pour ce diamètre de 7 à 8 centimètres de côté.

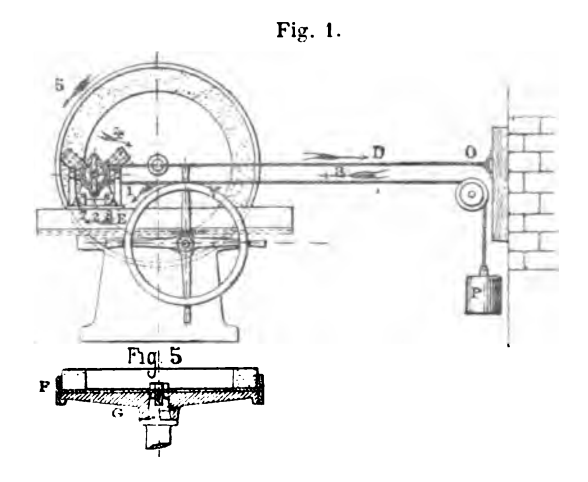
Des deux plateaux, on en prend un pour exécuter des travaux devant être faits avec soin, l'autre est utilisé pour des pièces non courantes ou pour décroûter. Ce dernier n'ayant qu'un rôle secondaire nous ne nous occuperons que du premier, auquel pour éviter toute variation dans la position de la couronne au moment du contact avec la pièce à ouvrer, on appose une butée qui empêche tout mouvement de recul, elle se place à l'endroit du second plateau et

au centre de l'arbre, soutenu par un support fixé soit sur les barres d'appui, soit attenant à la poupée.

Construit et installé dans ces conditions, on peut fixer devant le premier plateau un chariot diminutif de celui que nous décrivons plus loin ou ayant toute autre disposition en rapport avec les travaux à y exécuter.

Collage d'une couronne en émeri. — Une opération très importante non seulement au point de vue du travail, mais surtout à celui de la sécurité du personnel, c'est le collage de la meule sur le plateau. Il y a différents procédés, mais il n'y en a qu'un seul jusqu'à présent qui nous ait inspiré une entière confiance et avec lequel nous n'avons jamais eu d'accidents. Nous le décrivons ci-dessous.

Fig. 1.



Le plateau G. fig. 5, sous la Fig. 1, en fonte, tourné partout pour être bien sûr que la fonte est bien homogène, est entouré d'un cercle ou bandage en fer F fixé à chaud, tourné sur le plateau même, extérieurement et intérieurement de manière à lui donner le profil indiqué.

Le plateau est mis alors par terre et suffisamment élevé du sol pour pouvoir y faire du feu dessous. On le met de niveau le mieux possible, puis on le chauffe graduellement jusqu'à ce que sa température soit suffisante pour que le soufre fonde dessus.

D'un autre côté on aura préparé une quantité suffisante de soufre liquide dans un récipient quelconque.

On prend alors 3 petits morceaux de tôle ou fer plat de 7 à 8 millimètres d'épaisseur carré de 1 centimètre de côté qui devront être disposés en triangle équilatéral sur le plateau à l'emplacement que doit occuper la couronne, laquelle hâtons nous de le dire aura un diamètre moindre de 2 cent. environ que celui du cercle en fer.

On pose la couronne sur le plateau, on la garnit intérieurement de terre.glaise, afin que le soufre ne s'étende pas à un endroit autre que sous et autour de ladite couronne, puis on coule par l'extérieur en ayant soin de fournir, pendant quelque temps, au fur et à mesure du tassement.

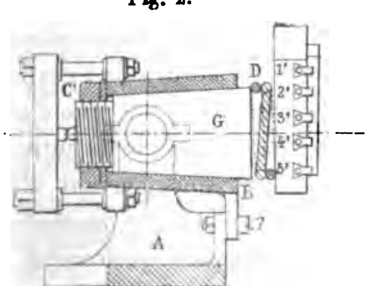
Il se produit au refroidissement des contractions, celle du soufre d'abord qui en se solidifiant s'applique bien contre la meule ; puis le retrait du cercle qui en s'opérant enserre le tout.

Quand la meule à force d'être taillée et piquée arrive a ne plus dépasser le bandage, on tourne ce dernier en lui enlevant sur la face 2 ou 3 centimètres, puis on travaille avec jusqu'à ce qu'un nouveau coup de tour soit nécessaire, ainsi de suite tant que l'on n'arrive pas à une distance d'environ 2 centimètres du soufre, soit un restant de couronne de cette épaisseur à laquelle il est prudent de s'arrêter. Le tout étant usé, on renouvelle l'opération comme précédemment.

APPAREIL A FAIRE LES ÉQUERRES A LA MEULE. — Étant donné les préliminaires qui précèdent, l'appareil que nous avons à décrire sera nous l'espérons facile à comprendre. Cependant, pour plus de clarté nous joignons à notre mémoire les figures suivantes :

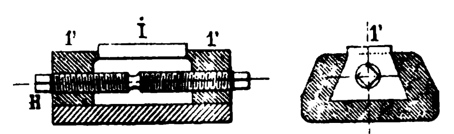
La Fig. 1 représente un ensemble vu de face d'un lapidaire avec couronne de 1 mètre ou 1m,20, additionné d'un chariot sur lequel est fixé l'appareil, l'équerre à dresser y étant montée, et figurée sur le dessin, en pointillé Fig. 1, sur la face du porte-équerre Fig. 2 et dans les griffes Fig. 3.

Fig. 2.



La coupe indiqué Fig. 2 nous montre le porte-équerre C muni de ses griffes 1′ 2′ 3′ 4′ 5′ et d'une partie cylindrique pivotant dans la lunette B a deux tourillons formant bascule dans le support à deux branches A. Les griffes que nous représentons Fig. 3 serrant l'équerre I se composent de deux morceaux d'acier trempés emmanchés à queue d'aronde dans le porte-équerre (F 4) deux à deux, elles s'éloignent simultanément d'un seul coup de clef poussé à la vis H, car cette dernière est filetée d'un bout à droite et de l'autre à gauche.

Fig. 3 et 4.



La vis est les deux griffes forment un tout qui peut glisser et se déplacer dans la rainure du porte-équerre. Ce déplacement est indispensable pour épouser les sinuosités de l'équerre dont les champs étant encore bruts de forge ont naturellement des creux ou des aspérités.

La partie cylindrique du porte-équerre est légèrement cône pour rattrapage de jeu à l'aide de l'écrou *c′* et munie d'une butée afin qu'au moment du contact avec la meule il ne se produise pas un coincement dans la partie cône.

Derrière la partie destinée à recevoir l'équerre, il est ménagé une gorge, dans laquelle est enroulée une corde D fixée a une extrémité au mur, l'autre se termine par un contrepoids.

L'appareil boulonné sur la table chariot E fonctionne par crémaillère dans le sens parallèle au lapidaire, parce qu'il est indispensable que la pièce à ouvrer passe, ainsi que nous l'avons vu plus haut très rapidement devant la meule, et seule la crémaillère remplit ce but de permettre une très prompte manœuvre, tandis que le chariot inférieur fonctionne par vis, le rapprochement de la pièce ne devant s'opérer qu'au fur et à mesure de l'usure.

La disposition de ce chariot montre quels avantages on peut en tirer, et nous citons au hasard des objets autres que celui se fixant dans l'appareil que nous décrivons pouvant s'y faire couramment. Clefs ou clavettes à mettre d'épaisseur, machoires de clefs anglaises à affleurer avec le corps, support quelconque à dresser le patin,

tiroir de machine à vapeur. Du reste n'importe quelle pièce de fonte, fer ou acier, surtout ces dernières quand elles sont étampées en matrices, pouvant se faire tout ou en partie de cette façon. D'où il s'en suit que l'on arrive à avoir non seulement une grande économie par la rapidité de la confection de la pièce, mais en plus de cela le lapidaire a sur la fraise ou la raboteuse cet immense avantage de pouvoir passer sur la croûte sans s'abîmer, il est donc inutile de laisser ou de prévoir une certaine quantité de matière à faire tomber; de ce fait, l'économie du métal venant se joindre à la première, il résulte de cette combinaison un bénéfice net en rapport direct avec le nombre de pièces à façonner.

Fonctionnement de l'appareil. — Les figures jointes à notre note indiquent avec les flèches indicatrices, à première vue, comment se comporte l'appareil quand on manœuvre le volant V. En le faisant tourner de droite à gauche, c'est-à-dire dans le sens de la flèche 1, la table suit la direction de la flèche 2, l'appareil suivant la même direction, il s'opère un effort de traction sur le brin supérieur de la corde D qui étant fixé au point O ne peut céder, le brin inférieur au contraire est mobile et suit le sens indiqué par la flèche 3. Ces mouvements rectilignes de la corde en sens contraire viennent se transformer en mouvement circulaire sur le porte-équerre G qui tourne dans le sens de la flèche 4, opposé à celui de la meule indiqué par la flèche 5.

Ainsi l'opération se fait bien comme elle doit se faire, c'est-à-dire que par suite de ces mouvements contrariés, tous les points de l'équerre se trouvent successivement en contact avec toute la surface de la meule, à condition toutefois que cette dernière tourne parfaitement rond.

La bascule que forme la lunette B avec ces deux tourillons, n'a d'autre utilité que de faciliter la pose et l'amarrage de l'équerre, attendu qu'une des faces de cette dernière étant finie, l'ouvrier desserre les deux boulons 7 et 8 qui tombent par leur propre poids en bas de la boutonnière ménagée à cet effet, puis fait basculer le porte-équerre ; ce dernier ce trouve alors dans la position horizontale et l'on a toute commodité pour faire jouer, les griffes. Cette opération faite, on laisse retomber la lunette, on remonte les deux

boulons, on les resserre et l'appareil se retrouve en position pour lapider la seconde face de l'équerre.

On fait ensuite les champs extérieurs à plat sur la table, de même les bouts, l'intérieur se fait à la fraiseuse.

Expliquant le mécanisme, nous croyons bien faire en exposant le résultat.

Pour ce qui est de la façon, l'équerre après cette opération semble avoir été non meulée, mais limée, ou plutôt frisée à la lime, c'est-à-dire que le trait de meule est brouillée, entrecroisé et il semblerait que l'opération a été faite à la main.

Quant au prix de revient le voici : Une équerre de 25 centimètres par exemple coûte environ 60 à 65 centimes de façon seule bien entendue.

Meule a la circonférence. — La meule à la circonférence en émeri, ressemble à celle en grès ordinaire, avec cette différence qu'étant animée d'une plus grande vitesse, il est indispensable que son bâti soit construit dans de très bonnes conditions de solidité et de stabilité.

Nous nous bornerons à citer dans quelles conditions elle est généralement employée sans décrire les machines, tout le monde étant à même de se renseigner chez les constructeurs spéciaux.

Nous commencerons par celles de petites dimensions. Elles servent à affûter les fraises, les forets hélicoïdaux à rectifier les pièces trempées intérieurement et extérieurement.

Elles sont également employées dans l'optique, la petite mécanique, les fabriques de quincaillerie, le polissage des métaux.

Viennent ensuite celles de moyennes et grosses dimensions qui sont le plus souvent accouplées avec un lapidaire vertical, on y meule des pièces quelconques ayant une forme particulière, mais elles ont surtout leur utilité pour décroûter des pièces droites que l'on veut finir au lapidaire.

Celles qui ne sont pas accouplées servent avec avantage à ébarber des tôles, pièces forgées ou moulées.

Nous l'avons appliqué au dépouillement du foret hélicoïdal dit foret américain.

Ces forets trop peu répandus à notre avis, doivent pour bien percer, pour ne pas bourrer en employant le mot technique,

avoir la partie arrière des ailes légèrement en contre-bas de celle avant. Cette opération se faisait précédemment d'abord à la main puis plus tard à la fraise.

Pour la faire à la meule nous avons monté un porte-meule sur le porte-outil d'un tour à la place d'un outil de tour.

La largueur de la meule égalait celle de l'aile du foret vu en plan, lequel était placé entre les pointes. Elle était placée légèrement oblique par rapport à l'axe du tour.

Un toucheur fixé sur la cuirasse et dont l'extrémité pénétrait dans l'hélice, non seulement empêchait l'entraînement du foret par la meule, mais en suivant le mouvement longitudinal de la cuirasse présentait à cette dernière automatiquement et d'une manière continue l'endroit à réduire, cette opération qui sur un foret de 25 millimètres de diamètre par exemple demandait pour le faire à la main une bonne demi-heure, se fait maintenant en procédant comme nous venons de l'indiquer dans l'espace de 5 minutes.

Nous ne nous étendrons pas plus longuement sur cette sorte de meule, car ses applications sont tellement diverses et nombreuses qu'il nous faudrait un volume pour les décrire. Ce que nous cherchons c'est de faire pour ainsi dire toucher du doigt les immenses avantages que l'on peut tirer des meules en émeri quelle qu'en soit la forme ou la disposition.

Conclusion. — Comme conclusion nous répéterons ce que nous avons déjà dit en commençant. C'est que la campagne que nous poursuivons en faveur de la meule en émeri, n'a pas pour but de favoriser la vente de cet objet, les différents fabricants nous étant personnellement inconnus. Ce que nous souhaitons ardemment c'est de voir les industriels français appartenant à la mécanique, ou à la fabrication d'objets en fer, fonte ou acier, s'acheminer dans une voie (où malheureusement nous ne tenons pas la tête), qui est le travail mécanique. Le résultat en serait non seulement de nous garantir chez nous contre l'envahissement des produits étrangers, mais aussi de prendre l'offensive à l'extérieur. Ne perdons pas de vue que, encore à l'heure actuelle, l'Amérique et l'Angleterre où les journées d'ouvriers sont supérieures aux nôtres viennent nous faire concurrence sur notre marché. En terminant notre mémoire, nous appelons de tous nos vœux l'attention de nos gouvernants

qui, ayant la direction de nos écoles professionnelles et d'arts et métiers, doivent écouter la grande voix du progrès laquelle doit être suivie et non pas discutée. Les élèves de ces écoles apprennent à limer, buriner, etc., pourquoi n'apprendraient-ils pas à faire usage méthodiquement de la meule en émeri.

Ce qu'on leur laisse ignorer, et qui de nos jours à une importance capitale, c'est le laps de temps nécessaire pour faire une pièce quelconque, c'est-à-dire commercialement parlant son prix de revient. Il s'en suit que, la plupart du temps, un jeune mécanicien sortant d'une école d'arts et métiers qui entrant dans un atelier façonne une pièce, ne se préoccupe pas de ce qu'elle coûtera, mais bien de la faire suivant les règles (rarement expéditives) qui lui ont été enseignées.

Que l'on apprenne à ces jeunes gens le travail à la main, rien de mieux ; mais, que cet enseignement ne comporte pas l'ignorance des engins nouveaux. Qu'ils liment, burinent et forgent, très bien, mais aussi qu'on les exercent à fraiser, meuler, et étamper. — Apprenez-leur à travailler, mais apprenez-leur surtout la valeur commerciale de ce qu'ils seront appelés à produire une fois abandonnés à leurs propres forces.

CHRONIQUE

—

SOMMAIRE. — Emploi des huiles minérales comme combustible. — Appareil de Solms pour commande de distribution dans les machines à vapeur. — Le Nil et les irrigations de la Basse-Egypte. — Rupture des câbles de mines. — Appareil enregistreur.

Emploi des huiles minérales comme combustible. — Voici un résumé de l'état actuel de la question de l'emploi des huiles minérales comme combustible dans la marine, par M. R.-S. Griffin, ingénieur-adjoint de la marine des États-Unis.

Le succès qu'a eu l'emploi du naphte comme combustible sur certains chemins de fer russes, ainsi que sur les bateaux à vapeur qui font le transport de ces huiles sur le Volga et la mer Caspienne et la facilité qu'on a de les avoir amenées par chemins de fer de Bakou à Tiflis et Poti, ont déterminé diverses tentatives d'utilisation des combustibles liquides sur des navires de mer.

Antérieurement à 1883, date de l'ouverture du chemin de fer qui relie Bakou à la mer Noire, les naphtes étaient transportés en barils, par eau, de Bakou à Astrakan et de là à Tzaritzin où ils prenaient le chemin de fer qui les amenait dans l'intérieur de la Russie.

Actuellement le chemin de fer de Bakou à Poti ne peut transporter que le quart de la production annuelle de naphte et on songe à établir de Bakou à Batoum une conduite qui permettra de livrer le combustible liquide dans la mer Noire à un prix avec lequel la houille ne pourra plus lutter.

Les avantages invoqués pour les huiles minérales sont la plus grande production de vapeur et par suite le moindre poids de chaudières pour la même puissance, la réduction du nombre des chauffeurs et la suppression des soutiers; la propreté et l'absence de fumée, de cendres et escarbilles, la suppression du décrassage des grilles; la facilité de la mise en pression, la réduction de volume des approvisionnements de combustible, considération capitale surtout pour les torpilleurs; enfin la prolongation de la durée des chaudières.

Par contre les huiles minérales ont contre elles les précautions à prendre, le danger d'incendies dus à des fuites, l'obligation d'employer des lampes de sûreté pour éviter l'inflammation des gaz et vapeurs et les chances à peu près certaines de perte totale des navires en cas d'incendie.

M. N.-B. Clarke, ingénieur en chef de la marine des États-Unis, dans une note publiée dans le *Journal of the Franklin Institute*, mai 1883,

en signalant l'utilité du pétrole comme combustible des cas d'urgence, dit qu'à condition d'employer les mêmes précautions, le pétrole n'est pas plus dangereux à bord d'un navire que la poudre. Il conseille de l'emmagasiner dans les doubles fonds de la coque en disposant des tuyaux de ventilation convenables; comme un tiers du personnel de chauffe est destiné au cas où on force les feux, on peut le supprimer avec la ressource du pétrole.

Sir Ed.-J. Reed, dans les derniers débats sur le budget de la marine, à déclaré qu'il était probable que, dans peu d'années, le combustible liquide serait d'un emploi général dans la marine.

Les brûleurs employés sont tous basés sur le même principe, un tuyau amène le liquide et un autre l'agent pulvérisateur, lesquels se rencontrent par des ouvertures étroites.

Sur les chemins de fer russes et sur les bateaux de la mer Caspienne, on emploie les brûleurs des systèmes Arteweff et Karapetoff, qui servent pour brûler les résidus de la première distillation du naphte, connus sous le nom d'*astatki*. Les appareils sont disposés de manière à projeter la flamme sur une sole en briques réfractaires, laquelle, une fois chauffée à une température élevée, détermine la combustion complète de toutes les particules liquides qui peuvent échapper au brûleur.

La Compagnie Fraissinet a fait l'année dernière, à Marseille des expériences très complètes, d'abord sur une chaudière marine installée dans les ateliers, puis à bord du steamer *l'Aude*.

Le foyer avait reçu une garniture en briques réfractaires et on y avait disposé un brûleur de l'invention de M. d'Allest, ingénieur en chef de la Compagnie ; ce brûleur était formé de deux tubes coniques concentriques, l'intérieur pour l'huile et l'extérieur pour la vapeur. Ce brûleur était placé lui-même dans un troisième tube conique ouvrant à l'air libre de manière à laisser passer un jet d'air annulaire. Les essais ont donné de très bons résultats ; on a toutefois dû modifier la garniture du foyer et placer dans celui-ci une sorte de cornue à gaz percée d'un grand nombre de petits trous ; on a également trouvé avantageux de n'admettre que peu d'air autour du brûleur par l'orifice annulaire et de faire arriver le surplus dans la chambre de combustion après l'avoir fortement chauffé par son passage dans des tubes en fer traversant la cornue-foyer.

Dans ces expériences, on a constaté que les gaz chauds s'échappaient avec une très grande vitesse et qu'ils conservaient une température élevée, amenant ainsi une perte notable de chaleur par la cheminées surtout avec le tirage forcé. Même avec tirage naturel, la vitesse de gaz est encore très forte et, leur volume étant moindre, au lieu de passer par tous les tubes à la fois, ils ne passent que par quelques-uns et arrivent à la cheminée à la même température qu'avec le tirage forcé. Pour prévenir cette perte de calorique, les ingénieurs de la Compagnie

Fraissinet ont disposé la chaudière avec un double retour de flamme par des tubes, une boîte à feu garnie en briques réfractaires mettant en communication les deux jeux de tubes. Cette disposition qui augmente considérablement la surface de chauffe a l'avantage de ne pas tenir beaucoup plus de place que la disposition ordinaire.

On a constaté également que l'emploi de vapeur pour la pulvérisation du liquide diminue notablement la quantité de vapeur à livrer à la machine. Pour des navires à condensation par surface, il y aurait un surplus à prendre à la mer qui amènerait rapidement des incrustations dans les chaudières. On essaya donc de substituer l'air à la vapeur comme agent pulvérisateur.

Dans le nouveau brûleur tout l'air nécessaire à la combustion passe par l'appareil, une partie comme agent de pulvérisation, le reste comme agent de combustion; il y a trois tubes annulaires concentriques et le liquide, au lieu d'arriver par un seul orifice, est introduit par quatre ouvertures qui déterminent un entraînement beaucoup plus énergique par l'air. Le tube central est réglé par une vis comme dans un injecteur pour varier la quantité de liquide.

Lorsqu'on eut complètement réussi, on put en même temps se convaincre de l'impossibilité de se procurer, en quantités suffisantes et à un prix raisonnable, les huiles nécessaires. Il ne faut pas perdre de vue d'ailleurs que, dans le cas d'une guerre qui amènerait la fermeture des Dardanelles, l'emploi du combustible utilisé dans les expériences ci-dessus, l'*astatki* russe, deviendrait impossible.

Le Gouvernement français va faire l'essai du système de M. d'Allest sur un torpilleur, la question de prix du liquide ayant, pour cette application, moins d'importance en présence des avantages à réaliser en cas de succès.

Le combustible liquide a également été employé sur le *Tamesi*, steamer naviguant entre Bordeaux et le Sénégal.

En Angleterre, le premier navire sur lequel on ait brûlé des huiles minérales a été *l'Himalaya*, aujourd'hui *Maraku*, navire de 800 tonneaux portant des machines compound de 500 chevaux indiqués. Les chaudières ont chacune trois foyers garnis de briques réfractaires avec une voûte également en briques percée d'une ouverture par laquelle la flamme passe aux tubes. L'appareil de combustion se compose d'un serpentin en fer, placé dans le foyer et dont une des extrémités débouche dans la chambre de vapeur de la chaudière, tandis que l'autre arrive à l'entrée du foyer; ce serpentin sert à surchauffer la vapeur qui doit pulvériser l'huile; celle-ci arrive par un tube qui débouche dans le tube de vapeur.

On a de plus ménagé une disposition pour faire arriver l'huile d'elle-même pendant la mise en pression. L'appareil est arrangé de manière qu'on puisse l'enlever sans difficulté pour chauffer au charbon.

L'Himalaya brûlait auparavant 10 tonnes de charbon par jour; i

pouvait en prendre 240 tonnes dans ses soutes; actuellement le navire consomme 4 1/2 tonnes d'huile par jour et peut en porter 110; les 130 tonneaux de différence sont affectés à la cargaison.

Le même système, connu sous le nom de Tarbutt, a été récemment installé sur un steamer construit pour le service de la mer Noire et dans lequel l'huile est emmagasinée dans les doubles fonds de la coque disposés comme pour *water ballast*.

Un autre steamer, *le Cobden*, faisant le service de la Méditerranée, a fait plusieurs voyages en brûlant de la créosote au moyen d'un système dû au colonel Sadler. Le même système a été essayé à Portsmouth, mais sans grand succès, de même que sur le torpilleur N° 22, avec un résultat également peu satisfaisant.

Aux États-Unis, il y a trois navires appartenant à la Southern Pacific Company, *le Solano*, *le Piedmont* et *le Thoroughfare*, où on brûle du combustible liquide. Ce sont des bateaux de passage, *ferryboats*, où on a conservé les chaudières en mettant des garnitures réfractaires dans les foyers, et couvrant les grilles avec des briques; le foyer est clos et l'air arrive par une porte au-dessous des bruleurs. Ceux-ci sont très simples, formés d'un tube à huile de 75 millimètres, ayant dans l'axe un tube à vapeur de 6 millimètres terminé par une fente horizontale de 50 millimètres de largeur sur 1 1/2 millimètre de hauteur. La flamme est dirigée sur la sole en briques qui recouvre la grille. En allumant on prend soin que l'huile soit enflammée dès son arrivée pour éviter la production de vapeurs combustibles, surtout si les foyers sont encore chauds. De même pour éteindre, il faut faire attention de fermer l'arrivée de l'huile avant celle de la vapeur.

Ces appareils donnent toute satisfaction ; on a conservé le même nombre de foyers, la vitesse est restée la même; on n'a point rencontré de difficulté par suite des dépôts de carbone solide. Pour le même parcours effectué, l'huile n'occupe que le tiers de la place du charbon et le chargement est beaucoup plus prompt et plus facile; il faut 40 minutes par jour pour remplir les caisses à huiles avec une pompe, tandis qu'il fallait deux heures pour faire l'approvisionnement de charbon.

L'huile employée est un résidu fourni par la Pacific Coast Refining Company, et qui n'a pas d'autre emploi. Son usage a donné une économie en argent de 42 0/0 sur *le Solano* et *le Thoroughfare*, et de 7 0/0 seulement sur *le Piedmont ;* cette différence est due en partie à la nature du service que font ces divers bateaux et au système des chaudières. *Le Solano* a des chaudières de locomotives, *le Thoroughfare* des chaudières à foyer extérieur et *le Piedmont* des chaudières à carneaux. Ce dernier bateau est presque constamment en marche, tandis que les autres ne font que des parcours durant sept à huit minutes chacun. La légère économie obtenue sur le *Piedmont* correspond à la réduction de la main-d'œuvre des chauffeurs seulement.

Il y a actuellement trois cents steamers sur la mer Caspienne et cinq cents sur le Volga, brûlant tous du combustible liquide. Sur ce nombre figurent des navires de 73 à 105 mètres de longueur ayant des machines développant de 1900 à 4000 chevaux indiqués.

On a construit récemment plusieurs navires pour porter le pétrole en vrac; le plus grand est *le Sveat* construit en Suède pour la Compagnie russe de navigation sur la mer Noire; il est destiné au service entre Batoum et Odessa ; il a 85 mètres de longueur, 11 de largeur et $5^{m}50$ de tirant d'eau; le déplacement est de 1900 tonnes; ses machines, avec 1900 chevaux indiqués, lui donnent une vitesse de 11 1/2 nœuds. On y brule du charbon, mais les soutes à combustible ont été disposées pour pouvoir contenir de l'huile minérale.

La partie centrale du navire contient les citernes à huile, au nombre de seize disposées sur deux rangs; on peut aborder ces citernes tout autour et au-dessous pour vérifier l'état des tôles. Toutes les citernes sont reliées par un conduit aboutissant aux pompes, et chacune a un tuyau de ventilation arrivant au pont supérieur. Les passages autour des réservoirs sont également ventilés.

En plus de ces seize réservoirs, il y a des doubles fonds et une cloison double pouvant être remplie d'eau pour séparer la cargaison des machines.

Le navire a coûté 900,000 francs.

La barque américaine *Crusader* et le navire allemand *Andromed* ont été également disposés pour transporter le pétrole en vrac; la première a déjà fait un ou deux voyages.

Voici pour terminer le pouvoir de vaporisation de divers combustibles liquides d'après diverses expériences.

	Eau à 100°
Pétrole, à l'arsenal de Brooklyn en 1866.	13.44
— de Woolwich, en 1866-67.	13.66
Créosote, expériences de Sadler, 1885.	13.00
Huile de poisson d'Écosse, 1885	15.50
Astatki, Compagnie Fraissinet à terre 1885	15.29
— sur *l'Aude*, 1885.	14.10
— Ch. de fer de Grazi-Tzaritzin 1884.	14.00

Appareil de Solms pour commande de distribution dans les machines à vapeur. — Nous avons déjà eu occasion d'indiquer sommairement qu'un système de changement de marche qui se répand de plus en plus depuis quelques années sous divers noms est en réalité contemporain de la coulisse de Stephenson. Ce système, que les Anglais désignent sous l'épithète générique de *radial* et qui n'a pas encore de nom caractéristique en français, remonte en effet a 1843, l'année même où est apparu le célèbre système de changement

de marche par coulisse attribué à Stephenson, et sur l'origine duquel on n'est pas absolument d'accord de l'autre côté de la Manche.

Il nous a paru intéressant de reproduire *in extenso* le texte du brevet d'invention de dix ans, en date du 18 février 1843, délivré au sieur Solms (Édouard), à Château-Renault, pour un appareil de distribution de vapeur et de manœuvres applicable aux machines de bateaux à vapeur, aux locomotives, aux machines d'extraction de mines et, en général, aux machines à vapeur qui doivent tourner dans un sens ou dans l'autre.

« Il est maintenant reconnu, en bonne règle de construction de machines à vapeur, qu'il faut intercepter la vapeur avant la fin de la course du piston.

Ce résultat de l'expérience, appelé l'avance du tiroir, satisfait à un triple but :

1° L'économie du combustible, en empêchant la saturation complète du cylindre ;

2° L'emploi de la force élastique de la détente de la vapeur depuis le moment de son interception jusqu'à celui de son expulsion ;

3° La suppression de cette force un peu avant la fin de la course du piston par l'évacuation de la vapeur, soit au condenseur, ou dans l'atmosphère, afin de supprimer toute résistance au mouvement rétrograde du piston dès son origine, et d'éviter les chocs qui résultent de tout changement brusque dans la direction d'une force puissante et de préparer même l'effet du vide dans les machines à condensation.

Ces conditions s'obtiennent au moyen de tiroirs dont les bandes pleines sont plus hautes que les orifices qu'ils doivent recouvrir et déboucher entièrement, dont la course est conséquemment plus grande que le double de ces orifices, et, comme l'un de ces orifices doit être prêt à se découvrir quand le piston est à l'extrémité de sa course, il s'ensuit que le tiroir, à ce moment, a déjà dû dépasser la moitié de la sienne d'une quantité égale à la différence de hauteur de sa bande pleine et de l'orifice ; il faut donc que l'excentrique qui donne le mouvement alternatif au tiroir soit en avance comme lui, c'est-à-dire que l'extrémité de son grand rayon ait dépassé sa demi-course quand la manivelle et le piston sont à l'extrémité de la leur.

On a cherché à conserver ces mêmes conditions dans les deux sens de la marche des machines qui doivent détourner, c'est-à-dire marcher alternativement dans un sens ou dans l'autre ; mais alors l'excentrique doit changer de position sur son arbre, suivant le sens du mouvement, car, autrement, son avance sur un côté serait en retard sur l'autre et la régularisation serait fausse.

Il s'ensuit que l'excentrique ne peut être fixé invariablement sur l'arbre, que l'on est obligé de le faire mouvoir par des taquets fixés sur l'arbre, dont l'un le pousse dans un sens et l'abandonne pour être repris par l'autre quand la machine détourne.

Pour changer de mouvement, il faut donc débrayer la tige d'excentrique, changer le mouvement à la main et continuer jusqu'à ce que le deuxième taquet vienne pousser l'excentrique dans le nouveau sens, dès qu'il a pris une position convenable pour donner l'avance du tiroir dans cette direction.

Beaucoup de machines d'extraction de mines, de locomotives et toutes les machines de bateaux sont ainsi établies.

La difficulté du placement des taquets fait qu'il y a beaucoup de machines mal réglées et on trouve fréquemment, dit un ouvrage récent de M. Campaignac, ex-ingénieur de la marine chargé des bateaux à vapeur à Toulon, des traces de tâtonnement de la part des monteurs dans cette partie, la plus délicate et la plus importante du montage des machines.

Sur les mines où le combustible n'est pas cher, on a pu, en sacrifiant l'avantage de l'avance du tiroir, fixer l'excentrique et, au moyen de deux points d'accrochage opposés sur l'arbre du tiroir, obtenir des mouvements inverses égaux, mais sans détente de vapeur ni avance à la condensation ou au départ à l'atmosphère.

On a essayé, mais supprimé ce moyen aux locomotives, parce que la simplification ne compensait pas la perte d'effet utile et d'économie du combustible.

Les unes sont à quatre excentriques fixés sur l'arbre des manivelles, dont deux pour la marche d'avant et deux pour celle d'arrière ; de là une complication.

Les autres, ainsi que les machines à bateaux, sont à excentriques mobiles avec taquets.

A l'inconvénient de montage et de manœuvre déjà signalé, il faut, pour la plupart des machines à bateaux, ajouter celui de l'emploi de plusieurs machinistes au moment des changements de mouvement, ce qui augmente les chances de temps perdu, de fausses manœuvres, quelquefois funestes, en présence d'un danger fortuit qu'il faudrait éviter avec promptitude et énergie.

Le mécanisme dont il s'agit ici a pour but d'éviter d'une manière certaine toutes ces difficultés et, pour le démontrer, je prends le cas qui se présente le plus, celui d'un bateau à vapeur de grande puissance, avec deux machines accouplées.

La description qui suit fera voir qu'avec mon moyen de distribution de vapeur et de manœuvre du tiroir, on obtient :

1° Avec un excentrique fixé invariablement à sa demi-course, quand le piston finit la sienne, c'est-à-dire comme s'il ne devait y avoir ni détente, ni avance à la sortie de la vapeur, une avance quelconque du tiroir et égale pour la marche avant comme pour la marche arrière;

2° L'arrêt ou les changements de marche simultanément pour les deux

machines sans aucun préparatif, ni embrayage de levier, ni débrayage d'excentriques et par un mouvement simple, sur un seul point et dans un seul sens, exempt de toutes chances de fausses manœuvres, même dans l'obscurité et par une personne peu habituée aux machines;

3° Qu'il sert de modérateur des machines dans tous les degrés de vitesse, depuis zéro jusqu'au maximum;

4° Qu'il ouvre et ferme, selon le besoin et par le même mouvement, les orifices d'injection d'eau au condenseur et qu'ainsi toutes les manœuvres qui doivent accompagner chaque commandement se réduisent à une seule.

Telle est en principe la détermination de mon idée. »

(A suivre.)

Le Nil et les irrigations de la Basse-Égypte. — M. Baudot, Ingénieur Civil au Caire, a adressé à notre Société deux notes sur le régime du Nil dans la branche de Rosette, avec deux planches annexes et une note complémentaire sur les irrigations de la Basse-Égypte.

La première de ces notes traite des modifications qui seraient apportées au régime du Nil par l'établissement projeté de machines élévatoires entre le Caire et la mer pour fournir la quantité d'eau nécessaire aux irrigations de la Basse-Égypte.

M. Baudot montre que ces prises d'eau au nombre de 16 et dont l'importance s'éleverait à plus de 20 millions de mètres cubes par jour auraient pour effet d'abaisser notablement le plan d'eau d'étiage et de nuire à la navigation.

Il en conclut que, si l'on est conduit à l'emploi de machines élévatoires, ce système ne doit être appliqué qu'avec mesure et qu'il serait préférable d'avoir recours à d'autres moyens pour l'alimentation des canaux d'arrosage.

Dans la seconde note embrassant le régime du Nil depuis la première cataracte, M. Baudot insiste encore sur le but à poursuivre qui consisterait à augmenter le débit du fleuve pendant les époques de pénurie.

Résumant la question dans sa note complémentaire, M. Baudot passe en revue les divers projets proposés pour assurer les arrosages de la Basse-Égypte et conclut en faveur du système proposé par la Société d'études du Nil, consistant dans la création d'un vaste réservoir en aval de la première cataracte permettant à la fois de régulariser le régime du Nil et de fournir en abondance de l'eau aux cultures de la haute et de la basse Égypte.

Rupture des câbles de mines. — Nous trouvons dans le *Dingler's Polytechnische Journal* des détails intéressants sur les ruptures de câbles de mines dans le district de Dortmund où on tient une statistique minutieuse de ces câbles.

Pendant les treize années écoulées entre 1872 et 1884, on a mis de côté 2,669 câbles comme hors de service et sur ce nombre 186, soit 7,85 0/0, se sont rompus pendant le travail. Ces câbles se divisent comme suit au point de vue de leur nature et des circonstances de leur rupture.

	Nombre total des câbles mis hors de service.	Ruptures brusques.	Proportion.
	—	—	—
Câbles plats en acier	207	19	9.18
— fer	147	19	12.9
— aloès	74	6	8.11
— chanvre. . .	8	0	0
— ronds en acier	1.118	42	3.75
— fer	815	100	12.3

Voici la répartition des ruptures dans les diverses années de la période considérée.

Années	Nombre total des câbles mis hors de service	Ruptures brusques	Proportion
—	—	—	—
1872	114	22	19.3 0/0
1873	198	22	14.1
1874	156	19	9.64
1875	226	19	8.40
1876	227	15	6.91
1877	178	16	8.98
1878	202	19	9.40
1879	172	9	5.32
1880	170	8	4.70
1881	165	8	4.85
1882	194	15	7.73
1883	187	8	4.27
1884	190	6	3.16

Ce tableau fait voir que la proportion des câbles rompus brusquement en service a toujours été en diminuant depuis l'époque où les statistiques ont commencé à être tenues; ce résultat est, selon toute probabilité, dû à une surveillance plus complète de ces engins.

Appareil enregistreur. — Un professeur italien, le docteur Chicchi a employé pour enregistrer les oscillations d'une poutre sous l'action d'une charge roulante un appareil extrêmement simple, dont une partie notamment est très ingénieuse et peut recevoir de nombreuses applications.

La poutre porte un traceur quelconque qui marque sur un papier enroulé sur un tambour. Il s'agit de donner à ce tambour un mouvement régulier de rotation: pour éviter l'emploi de mouvements d'horlogerie plus ou moins délicats et compliqués, l'auteur enroule sur l'axe du tambour une corde dont l'autre extrémité s'attache à la tige d'un piston qui se meut dans un cylindre plein d'eau; un contre poids tend à entraîner le piston et à faire tourner le tambour, mais le piston ne peut se déplacer que si un robinet ouvert plus ou moins laisse écouler l'eau. On obtient ainsi un mouvement parfaitement régulier et plus ou moins rapide, selon qu'on le désire.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JUILLET 1886

Rapport de M. le colonel PIERRE sur un **clapet de retenue pour conduite à vapeur faisant fonction de robinet à soupape** par M. PASQUIER.

A la suite de l'explosion d'Eurville, l'administration supérieure des Mines a recommandé l'usage d'un clapet d'arrêt de vapeur à installer sur chacun des générateurs constituant un groupe desservi par une conduite commune, ce clapet devant se fermer automatiquement en cas de rupture.

Divers appareils ont été construits pour répondre à ce desideratum.

Celui de M. Pasquier fait en même temps fonction de soupape de retenue. C'est un clapet à large soupape qu'un levier à contrepoids maintient ouvert pendant la marche de la machine; en cas de rupture de la conduite,la pression de la vapeur le ramène sur son siège et ferme le passage. Le fonctionnement du clapet comme soupape de prise de vapeur, se fait en l'appuyant sur son siège par une vis à manivelle, la tige de la vis se termine par une partie conique qui forme un petit clapet de mise en train, bouchant ou ouvrant un trou de 3 millimètres destiné à établir la pression des deux côtés du clapet principal. Cet appareil est en usage aux forges d'Eurville depuis plusieurs mois.

Rapport de M. LAVOLLÉE sur l'**enseignement professionnel et l'organisation de l'apprentissage dans la grande industrie**, communication de M. A. CHAIX.

Il s'agit principalement de l'école professionnelle d'apprentis fondée dès 1862 à l'imprimerie Chaix et organisée d'une manière remarquable.

La durée de l'apprentissage y est de quatre années et les apprentis y reçoivent une instruction dont le degré dépasse certainement celui

de l'instruction moyenne ; l'assiduité y est encouragée par une prime représentée par un jeton de présence de 10 centimes par jour.

Une organisation analogue existe dans la maison Christofle.

On peut encore citer, parmi les institutions d'enseignement professionnel, les écoles créees par les Compagnies de chemins de fer.

Rapport de M. Pihet sur la **machine à mortaiser le bois** de M. Zang.

C'est une machine à mèche tournant rapidement et inclinée d'environ 20 degrés ; cette position permet de suivre plus facilement le travail sans obliger l'ouvrier à prendre une position pénible et à quitter ses leviers de manœuvre.

Description d'une série de **thermomètres perfectionnés pour la constatation des hautes températures**, par M. James Murrie. (Traduit du *Journal of the Chemical Industry*.)

Le principe consiste à employer le mercure pour mesurer des températures supérieures à son point d'ébullition en retardant celui-ci par une pression; cette pression peut être produite par une colonne de mercure même ou par un fluide élastique. On peut ainsi employer le mercure dans des tubes en verre jusqu'à 450 degrés; au delà on emploie des tubes métalliques et on apprécie la dilatation au moyen d'appareils manométriques.

Programme des prix et médailles mis au concours pour être décernés dans les années 1887, 1888, 1889 et 1890.

Sur les **propriétés toxiques du houblon**. (Traduit du *Dingler's Polytechnisches Journal*).

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Juin 1886.

Notice sur LA VIE ET LES TRAVAUX de M. Charles Etienne Collignon Inspecteur général des Ponts et Chaussées, par M. Krantz, Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées.

Notice sur les **accidents constatés dans divers ouvrages d'art** par suite de l'emploi de ciments magnésiens, par MM. L. Durand-Claye, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées et Debray, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Trois ponts biais de 14 mètres de portée établis sur le chemin de fer de Questembert à Ploërmel et dans les voûtes desquels on avait employé des ciments façon Portland provenant d'une usine récemment installée en Bretagne, ont éprouvé promptement des fissures tellement graves qu'on fut obligé de démolir les voûtes et de les remplacer par des tabliers métalliques.

On a attribué ces faits au gonflement des mortiers.

Des faits analogues se sont produits dans d'autres ouvrages où les mêmes ciments avaient été employés; comme l'analyse révélait une dose exceptionnelle de magnésie, on a été naturellement conduit à attribuer les phénomènes observés à la magnésie et on a fait des essais pour rechercher la cause des accidents signalés.

On a constaté que des tubes de verre mince remplis d'un mélange de magnésie et de ciment calciné et recouvert d'eau cassaient invariablement, tandis qu'avec du ciment pur les tubes restaient intacts. Le même fait s'est produit avec le ciment incriminé, d'où on a conclu que la forte proportion de magnésie contenue dans ce ciment était bien la cause des accidents survenus dans les ouvrages où on avait fait usage de ce ciment, les mortiers se gonflant ultérieurement par l'action de l'humidité et amenant la ruine des maçonneries.

Note sur la **stabilité des voûtes en maçonnerie** par M. Tourtay, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Cette note est relative aux travaux publiés dans les *Annales* par MM. Laterrade et L. Durand-Claye, et les remarques de l'auteur sont résumées par lui-même comme suit :

1° La méthode de M. Laterrade, fondée sur des hypothèses rationnelles et d'une application à la fois très simple et très rapide, paraît pouvoir être très avantageusement substituée aux formules empiriques habituellement employées pour calculer les dimensions des voûtes.

2° Cette méthode paraît devoir être appliquée aussi bien aux voûtes surbaissées qu'aux voûtes en plein cintre, en modifiant convenablement les coefficients pour chaque surbaissement;

3° Enfin, pour éviter tout mécompte, quand on aura affaire à des voûtes de quelque importance, on fera bien, après en avoir calculé les éléments par les formules en question, de construire la courbe de pression passant par les milieux des joints de clef et de rupture, afin de s'assurer qu'elle ne s'éloigne pas trop des milieux des autres joints et qu'elle représente à peu près la courbe des pressions minima.

Etude sur **piles et pylones de grande hauteur** et sur le choix entre la maçonnerie et le métal, par M. Leygue, Ingénieur auxiliaire des travaux de l'Etat.

L'auteur s'est proposé dans cette étude de faire ressortir théoriquement les avantages des deux systèmes, métal et maçonnerie, d'indiquer les améliorations dont ils sont susceptibles et d'essayer de conclure au meilleur choix à faire d'après les données.

Pour les piles maçonnées, en ce qui concerne le choix entre les piles pleines et les piles évidées, les premieres méritent la préférence, en raison de leur simplicité, tant que la hauteur le permet; au delà il faut recourir à l'emploi des piles creuses; dans les deux cas le profil logarithmique s'impose, parce que sa stabilité est plus grande et que les efforts intérieurs sous le vent y sont notablement moins élevés.

Pour les piles métalliques, l'auteur conseille le profil convexe ou tout au moins rectiligne, avec arbalétriers au nombre de quatre et à section peu évidée. Le métal employé devra être le fer de préférence à l'acier et surtout à la fonte.

Quant à la comparaison entre les piles en maçonnerie et les piles métalliques M. Leygue estime qu'avec les matériaux ordinaires, c'est-à-dire ceux dont la résistance varie de 6 à 30 kilos par centimètre carré, on peut élever des piles aussi hautes qu'avec du métal, à condition d'adopter le profil logarithmique, mais au delà de 40 mètres l'économie disparait mais dans une proportion assez faible pour que, jusqu'à 80 mètres, il n'y ait pas avantage sérieux à recourir à l'emploi de piles métalliques.

Au delà de 80 mètres l'adoption de ces dernières se trouve justifiée et l'avantage est d'autant plus considérable que la hauteur devient plus grande, mais seulement par rapport aux piles pleines en maçonnerie et l'auteur admet que jusqu'à 100 mètres et au delà les piles évidées peuvent supporter la comparaison avec le métal.

Pour ce qui est des pylones, constructions qui comprennent les phares, cheminées, clochers, beffrois et tours, on doit adopter sans hésitation pour la maçonnerie le profil logarithmique, et les mêmes conclusions que ci-dessus peuvent être adoptées, sauf que l'avantage économique des maçonneries se maintient jusqu'aux hauteurs les plus élevées que l'on semble pouvoir atteindre. Cela tient à la latitude plus grande des données et spécialement à la résistance par unité de surface admissible pour des matériaux de choix et à la majoration pratique du coefficient qui caractérise le rapport du vide au plein de la construction.

Ainsi un pylône métallique de 300 mètres pèserait environ 2,500 tonnes, ce qui à raison de 500 francs la tonne représenterait une dépense de 1,250,000 francs, alors que le même pylône en maçonnerie cuberait environ 1,400 mètres cubes, soit, à 90 francs le mètre cube,

une dépense de 1,260,000 francs. La différence est insignifiante et, en dehors de la question économique, le pylone maçonné est infiniment préférable par l'excès de stabilité qu'il présente.

JUILLET 1886.

Note sur la **détermination graphique des moments fléchissants limites** dans les poutres droites continues par M. Ed. COLLIGNON, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Il s'agit d'une méthode mixte qui, mettant à profit les résultats fournis par l'analyse, ramène à des constructions géométriques très élémentaires le tracé du contour limite des moments fléchissants et donne par là les éléments nécessaires à la rédaction du projet de la poutre.

Note sur les **moments fléchissants produits dans une poutre au passage d'un système roulant**, par M. PELLETREAU, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Pour simplifier cette recherche qui conduit à des calculs assez longs, surtout quand la notion de la poutre n'est pas constante, parce qu'il faut avoir le moment fléchissant maximum en chaque point de la poutre, l'auteur propose un procédé consistant en ceci :

Étant donnée une épure préparée à l'avance, qui se compose d'une parabole une fois calculée et d'un certain nombre de points placés sur l'axe des x, déterminer le moment fléchissant maximum produit par une charge roulante, en un point quelconque de la poutre et cela quelle que soit l'ouverture de la travée.

Le mémoire n'examine que le cas d'une poutre longitudinale posée sur deux appuis.

Étude graphique sur **la résistance des poutres droites soumises à des charges discontinues mobiles**, par M. DE PREAUDEAU, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Ce mémoire est relatif à la construction d'un polygone, limite de la courbe enveloppe des moments fléchissants et à la simplification de cette construction au moyen de considérations reposant sur l'emploi des polygones funiculaires.

Note sur la **construction du tunnel de Midrevaux**, par M. SIEGLER, ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ce tunnel, sur le chemin de fer de Gondrecourt à Neufchateau, a été fait par l'État en 1877-80; il a 713 mètres de longueur.

Il devait être fait à une seule voie, mais avec un profil tel qu'on pût l'élargir plus tard pour la pose de la seconde voie.

Dans ce but, on a fait la voûte du tunnel pour deux voies, mais on n'a construit qu'un seul des piédroits, en laissant la voûte s'appuyer de l'autre côté sur le rocher; le terrain était formé de calcaire à astartes assez tendre, humide et gélif.

Pour établir la seconde voie, il ne restait qu'à reprendre les travaux au point où on les avait laissés et à achever le tunnel avec sa section habituelle.

L'élargissement a été opéré en 1885.

Le tunnel avait coûté primitivement 713,000 francs, soit 1,000 francs le mètre courant, l'élargissement a coûté 120,000 francs soit 169 francs par mètre courant, total 1,169 francs, tandis que le tunnel construit tout d'abord pour deux voies aurait couté 11,600 francs, la différence est insignifiante.

Deux tunnels à une voie auraient entrainé une dépense primitive moindre, mais une dépense finale bien plus grande, soit 1,650 francs le mètre courant.

Étude sur **les ponts de grande ouverture**, par M. A. Barbet ingénieur en chef de la Société Cail.

Cette note a pour objet de montrer que l'emploi de l'acier permet d'aborder économiquement les plus grandes ouvertures.

Dans ce but l'auteur a établi une série de projets de ponts en arc pour des ouvertures de 100, 150, 200, 300 et 400 mètres avec les poids de matières correspondants en admettant un travail maximum de 12 kilos par millimètre carré pour l'acier pour les poutres qui ne reçoivent pas directement le choc des surchages et de 10 pour les autres pièces telles que poutrelles et longerons.

La flèche est prise au dixième de la portée.

Voici les poids auxquels l'auteur arrive :

	100m	150m	200m	300m	400m
Poids total.	440	840	1500	3300	6080
— par mètre . .	4.4	5.6	7.5	11	15.2

L'avantage de l'emploi de l'acier pour les ponts de grande ouverture peut se résumer comme suit.

Une travée de	100m	en acier est du même poids	qu'une travée de	50m	en fer
—	150	—	—	75	—
—	200	—	—	100	—
—	300	—	—	130	—
—	400	—	—	160	—

Le mémoire se termine par la nomenclature d'un certain nombre d'ouvrages pour chemins de fer de plus de 90 mètres de portée.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Réunion de Saint-Étienne

Séance du 3 juillet 1886

Lettre de M. Périssel, directeur des mines de Kef-Oum-Theboul, sur **les incendies dans les mines de pyrites de Kef-Oum-Theboul.**

Communication de M. Wery sur son **modérateur de vitesse pour machines d'extraction.**

Le but de cet appareil déjà présenté à la Société dès 1884 est d'obliger le machiniste à ne pas dépasser la vitesse assignée, à partir d'une distance de la recette, qu'on détermine à volonté, et à ne pas dépasser la recette d'une hauteur plus grande que celle dont l'utilité est reconnue pour effectuer facilement les manœuvres.

La communication actuelle décrit des dispositions propres à généraliser l'application du système à toutes les machines.

Communication de M. Wery sur le **lavoir à charbon, dit lavoir à palettes**, de M. Maximilien Evrard.

Cet appareil qui fonctionne aux mines de la Chazotte produit 50 tonnes par journée de 10 heures; il est caractérisé par un cadre à palettes animé d'un mouvement alternatif pour passer le charbon d'un bout à l'autre du lavoir et par un soufflet ou cloche qui fait fonction de piston, en agissant sur l'eau par l'intermédiaire de la masse d'air enfermée sous la cloche.

Communication de M. Maussier sur **la liberté nécessaire dans l'exploitation des mines métalliques concédées.**

Cette communication est relative à la question de l'utilisation des gangues des filons qui, d'après la loi de 1810, ne sont point concédées avec le minerai et qui, lorsqu'on veut les exploiter directement ou même les employer, peuvent donner lieu à des conflits incroyables.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 31. — *31 Juillet 1886.*

Pont métallique sur la rivière Magdalena à Houda, Colombie, par R. Bosse.

Études sur les pas de vis.

Chauffage et ventilation. — Régulateurs de température.

Filature. — Machines à préparer le lin de Cardon.

Groupe du Rhin inférieur. — Appareils de désinfection de Walz et Windscheid.

Groupe de Thuringe. — Expériences sur les chaudières tubulaires.— Pertes de calorique dans les chaudières. — Rapport de la commission scolaire. — Surveillance des chaudières. — Expertises techniques.

Groupe de Westphalie. — Cubilot à aspiration de Herbetz. — Réduction du déchet dans le lavage du charbon.

Patentes.

Correspondance. — Pertes de calorique dans les chaudières.

Variétés. — Chantiers de la Société de constructions navales de Fairfield, précédemment John Elder et Cie.

N° 32. — 7 *Août 1886.*

Installations hydrauliques pour dessèchements de Saint-Jurgensfeld, par la Société de constructions mécaniques Cyclop (Mehlis et Behrens), à Berlin.

Influence des parois dans les moteurs à gaz, par A. Witz et A. Slaby.

Métallurgie. — Petites installations Bessemer.

Constructions navales. — Vitesse des nouveaux bâtiments de guerre anglais.

Chemins de fer. — Butoir hydraulique.

Groupe du Rhin inférieur. — Réparation des objets en fonte.

Groupe de Westphalie. — Machine à gaz différentielle d'Atkinson. — Cubilot avec utilisation de l'oxyde de carbone.

Patentes.

Bibliographie. — Transmission du calorique dans les parois des cylindres des machines à vapeur, par le docteur Kirsch. — Manuel de technologie chimique, de Bolley Birnbaum.

Correspondance. — Machines à broyer. — Utilisation des scories du procédé Thomas.

N° 33. — *14 Août 1886.*

Expériences sur des chaudières tubulaires.

Groupe du Rhin inférieur. — Galvanisation du fer et ses applications.

Groupe de Thuringe. — La première machine à vapeur en Allemagne.

Remarque sur le nouveau règlement prussien sur les épreuves des matières pour le service de l'État, de Ad. Ernst.

Patentes.

Correspondance. — Machine sans foyer de Honigmann.

N° 34. — *21 Août 1886.*

Note sur le service des patentes.

Théorie de la combustion dans les machines à gaz, de E. Körting.

Considérations sur l'emploi des systèmes articulés dans la construction des ponts, de L. Backhaus.

Mines. — Système Haas pour le fonçage des puits dans des terrains mouvants.

Chauffage et ventilation.

Expériences de Wohler sur la valeur de l'essai au choc dans les épreuves des rails et des bandages.

Groupe de Manheim. — Expériences de Bucharest sur les coupoles cuirassées. — Navigation entre Cologne et Londres.

Patentes.

Bibliographie. — Résistance des poutres du docteur H. Zimmermann. — Jubilé du cinquantenaire de l'École supérieure technique de Darmstadt. — Guide du conducteur de locomotives de Brosius et Koch.

Correspondance. — Machines marines à triple expansion.

Variétés. — Chemin de fer de mines de Mansfeld. — Conférence sur l'unification des méthodes d'épreuve des matériaux. — Réunion générale de l'Association d'hygiène. — Troisième réunion générale des délégués des mineurs allemands.

BIBLIOGRAPHIE

Origine de la locomotive, par M. Deghilage

Notre collègue, M. Deghilage, auquel on doit déjà d'intéressantes publications sur le matériel de traction des chemins de fer, a adressé à la Société une importante notice intitulée : *l'Origine de la Locomotive.*

« Le but de l'auteur, ainsi qu'il est indiqué dans l'introduction, n'est pas seulement de refaire une fois encore l'histoire, si souvent écrite, de ce genre de moteur, mais de grouper, en les coordonnant et les classant avec méthode, les renseignements recueillis par ses soins et ceux publiés en Angleterre et en France, depuis la mise en service des premières locomotives aux mines de Killingworth, jusqu'au moment où nos Compagnies ont pu s'approvisionner exclusivement de matériel français, grâce aux progrès réalisés par les ateliers de notre pays ; cette étude embrasse une période de plus de trente années. »

A la suite d'une partie historique rappelant les faits qui constituent les principaux jalons du développement de la locomotive, on trouve un second chapitre formant une partie technique dans laquelle se trouvent de nombreux détails de construction sur l'appareil de vaporisation, le mécanisme moteur et la distribution de la vapeur et enfin le véhicule proprement dit. Un dernier chapitre est consacré à la description des planches comprenant des types de locomotives ou voitures à vapeur, depuis la machine de Cugnot, jusqu'aux machines anglaises perfectionnées importées en France vers 1843.

Ces planches, au nombre de 12, sont fort bien exécutées par MM. Broise et Courtier ; les figures en sont empruntées à diverses publications classiques et à des documents publiés dans ces dernières années

sur des types peu connus de locomotives déjà anciennes, dans des périodiques anglais.

L'ouvrage de M. Deghilage est fait et publié avec tout le soin désirable et nous sommes heureux de féliciter l'auteur d'avoir comblé une lacune en produisant un livre qui trouvera sa place dans toutes les bibliothèques techniques.

Nous croyons ne pouvoir lui donner une meilleure preuve de l'intérêt avec lequel nous avons pris connaissance de son travail qu'en lui signalant quelques erreurs, ou plutôt omissions, d'autant moins graves d'ailleurs qu'elles pourront disparaître dans une édition ultérieure. Mais auparavant nous voudrions présenter quelques observations sur le fond même de la question.

Nous pensons que l'histoire de la locomotive est à faire à peu près entièrement et que celui qui voudra entreprendre ce travail devra avoir le courage de remonter aux sources directes et de faire un choix sévère entre les documents dont on s'est servi invariablement jusqu'ici pour refaire éternellement la même histoire. Il n'est pas douteux que l'auréole qui entoure, à juste titre sans aucun doute, les noms illustres de Watt et de Stephenson a contribué à laisser dans l'ombre beaucoup plus que de raison des étoiles secondaires dont la clarté a beaucoup contribué à répandre la lumière sur la question des machines à vapeur. On est toujours porté à juger du mérite par le succès et on tient peu de compte de l'œuvre plus modeste qui y a largement contribué pour sa part.

L'architecte qui pose le couronnement de l'édifice est plus apprécié de la masse que l'ingénieur qui a établi des fondations laborieuses et difficiles.

Les biographes de Watt et de Stephenson ont laissé peu de mérite aux prédécesseurs et contemporains de ces grands ingénieurs. Il y a beaucoup à dire là-dessus et une histoire impartiale aurait à distribuer plus justement la part de chacun.

M. Deghilage rappelle qu' « après avoir construit en 1802 le premier modèle de véhicule à vapeur, Richard Trevithick et Andrew Vivian prirent, à la date du 24 mai 1812, une patente pour la voiture représentée par la figure 3 et qui fonctionna sur les routes aux abords d'Euston Square. Le South Kensington Museum possède le modèle d'une autre machine établie l'année suivante par les mêmes inventeurs et que reproduit la figure 4; cette machine prévoit l'échappement dans la cheminée, fait de première importance qui forme, avec le principe de l'adhérence par le poids de la locomotive sur rails unis, démontré pur Blackett en 1814 et l'invention de la chaudière tubulaire par Seguin en 1827, les trois étapes les plus importantes de l'histoire de la locomotive ».

Nous sommes heureux de voir M. Deghilage rappeler le nom de Trevithick dont le rôle, singulièrement méconnu pendant longtemps,

a été en réalité si important pour le développement de la locomotive, mais nous devons lui signaler des omissions très sérieuses dans la part qu'il attribue à ce pionnier de la machine à haute pression, part absolument insuffisante à notre avis.

D'abord la patente de Trevithick et Vivian est de 1802 et non de 1812; puis Trevithick ne se borna pas à construire des voitures à vapeur pour routes ordinaires, ou des modèles de locomotives, comme on pourrait le croire par le titre des figures de l'ouvrage dont nous nous occupons; il établit de véritables locomotives pour *tramroads* ou chemins à plaques de fontes et pour chemins de fer à rails saillants. Parmi ces dernières on peut citer une locomotive de 4 1/2 tonnes qu'il fit construire en 1804 dans une fonderie du nord de l'Angleterre, précisément pour Blackett dont le nom se trouve dans toutes les histoires de la locomotive.

La plupart des auteurs placent la construction de cette locomotive en 1811 et ajoutent qu'elle n'a jamais fonctionné comme locomotive et qu'on ne l'employa que comme machine fixe. Il semble qu'il y a eu confusion et qu'il ne s'agit pas de la même machine, car on trouve certaines indications qui semblent bien affirmer que cette locomotive aurait fait un service effectif à l'époque dont nous parlons.

En outre, comme nous l'avons rapporté ailleurs(1), Trevithick établit en 1808 à Londres, dans un terrain vague aux environs d'Euston Square, un véritable chemin de fer circulaire sur lequel une locomotive de 10 tonnes traînait à la vitesse de 20 kilomètres à l'heure des voitures où le public était admis. Cette locomotive avait été baptisée *Catch-me-who-can* (Attrape-moi qui pourra) par la sœur de Davies Gilbert, ami de Trevithick et savant distingué qui fut président de la Société Royale. Malheureusement le terrain était peu consistant, un rail vint à casser et amena le déraillement et le renversement de la machine, accident qui, venant à coïncider avec une situation très gênée de l'inventeur, harcelé par ses créanciers et même emprisonné par eux, mit fin aux expériences.

Or, toutes ces machines fonctionnaient sur rails par simple adhérence, de sorte qu'il est permis de se demander pourquoi on a fait un si grand mérite à Blackett d'avoir découvert 5 ou 6 ans plus tard le principe de l'adhérence.

« Trevithick, dit l'*Engineering* du 27 mars 1868, fut le véritable inventeur de la locomotive. Il fut premier à démontrer que l'adhérence des roues sur les rails était suffisante pour les besoins de la traction sur les lignes à pentes ordinaires, le premier à employer le jet de vapeur dans la cheminée et le premier à accoupler toutes les roues de la machine. »

La plupart des auteurs qui ont écrit sur la locomotive n'ont fait qu

(1) Chronique de Janvier 1885, page 110.

Log.

n

n

$\sqrt[2]{n}$

$\sqrt[2]{n}$

$\sqrt[3]{n}$

Tang.

Sinus

n $t=1$

$t=0{,}667$

n

$t=9$

$t=8$

Auto. Imp. A. Braise & Courtier 48, r. de Dunkerque

s - t

fer

e la

Pm

R

D

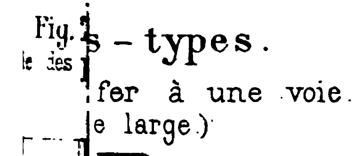


Fig. 10. Profil-type en remblai.

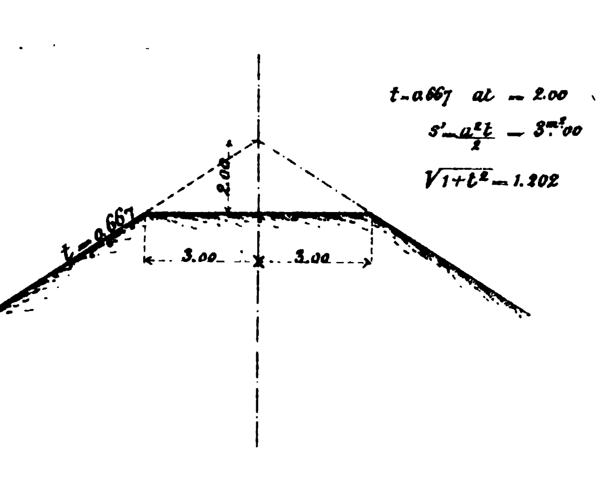
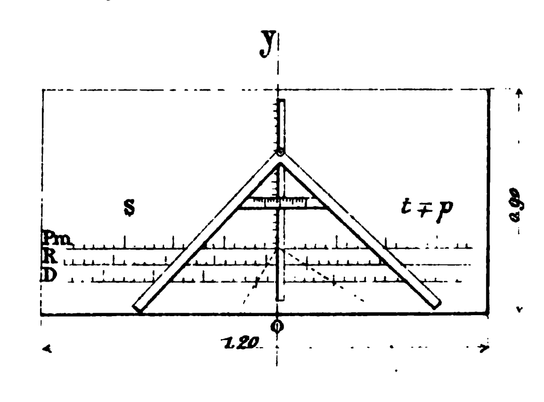


Fig. 11. Profilomètre Ziegler.



se copier les uns les autres, et des faits inexacts se sont perpétués de la sorte. Il est d'ailleurs prudent de faire un choix sérieux entre les sources. Parmi les ouvrages à consulter indiqués par M. Deghilage en tête de son ouvrage, certains n'ont aucune autorité en fait de locomotives, d'autres sont de simples compilations dont les auteurs seraient sans doute les premiers à s'étonner de l'importance qui leur est attribuée.

Nous citerons un exemple : Tredgold, comme on sait, a écrit sur la machine à vapeur de volumineux ouvrages. On trouve dans son traité un dessin de chariot à vapeur que les traductions de Tredgold dans toutes les langues n'ont jamais manqué de reproduire.

M. Deghilage aurait bien fait de le laisser de coté, car il est très vraisemblable que cette machine est un simple projet qui n'a jamais été exécuté ; les termes même de la description données par Tredgold le font supposer et rien, d'ailleurs, dans les dispositions de cette pseudo-locomotive ne justifie l'honneur qu'on lui a accordé en la faisant passer à la postérité.

Nous devons signaler deux autres omissions qui nous ont été sensibles et que M. Deghilage sera certainement heureux de réparer dès qu'il lui sera possible. L'une est, dans la mention des noms des premiers constructeurs français de locomotives, celle du nom de J.-J. Meyer, qui fournit des machines non seulement aux chemins de fer français, mais encore à l'étranger, en Autriche, en Bavière et dans le Grand duché de Bade. Nous aurions aimé à voir figurer dans les dessins celui de la machine à détente variable *Mulhouse* sur laquelle Le Chatelier fit en 1843 et 1844 des expériences qui mirent en évidence les avantages de la détente variable. Il ne faut pas oublier que la détente Meyer, qui a été et est encore très employée sur les machines fixes, a joué sur les locomotives un rôle beaucoup plus important qu'on ne le croit généralement ; un certain nombre de machines des chemins de fer bavarois étaient encore munies de détentes Meyer en 1867.

La Société d'encouragement pour l'industrie nationale décerna en 1849, à J.-J. Meyer, sur le rapport de Le Chatelier, une médaille d'or de la valeur exceptionnelle de 4,000 francs pour ses travaux relatifs aux locomotives.

Un fait peu connu ou tout au moins oublié aujourd'hui est qu'à la suite de ce rapport la Société d'encouragement institua un prix de 20,000 francs devant être décerné à l'auteur ou aux auteurs des perfectionnements les plus importants apportés à la construction des machines locomotives, du matériel de transport employé sur les chemins de fer et à la voie de fer. Le prix devait être décerné, s'il y avait lieu, à la fin de 1851. Le concours a été clos à cette époque sans qu'aucun prix ait été donné.

Une seconde omission est, dans les types de distribution de vapeur

figurés sur la dernière planche de l'ouvrage de M. Deghilage, celle du système de changement de marche de Pauwels, de Paris et non de Lille comme il est dit ; les locomotives fournies par ce constructeur pour le chemin de fer de Lille à la frontière belge sont, en effet, au nombre des premières et en tout cas, croyons-nous, les premières en France, établies avec les tiroirs disposés verticalement, c'est-à-dire ayant leurs tiges dans le même plan horizontal que les tiges des pistons. Le dessin de cette disposition méritait autant d'être reproduit que celui de certaines dispositions anglaises de changement de marche qui, si elles ont été réellement exécutées, n'ont dû l'être qu'à titre d'essai, par exemple celle de Gray.

Il sera également, dans l'édition ultérieure que nous souhaitons à notre collègue, indispensable de faire disparaître quelques fautes d'impression, notamment dans les noms étrangers, lesquelles, sans importance d'ailleurs, contrastent désagréablement avec l'exécution soignée de l'ouvrage.

M. Deghilage nous pardonnera certainement ces observations qui nous sont dictées uniquement par la sympathie que nous inspirent ses travaux et par l'intérêt de la question qu'il a traitée. Les lacunes que nous avons dû signaler et dont certaines se retrouvent d'ailleurs dans presque tous les ouvrages qui traitent de la matière n'empêcheront pas le livre de notre collègue d'être accueilli avec empressement par tous ceux qui, à un titre quelconque, s'intéressent à l'histoire de l'engin merveilleux qui, combiné avec le rail, a amené la plus grande révolution économique que le monde ait encore vue.

Le Rédacteur de la Chronique.

A. Mallet.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 18903-6.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

SEPTEMBRE 1886.

N° 9

Pendant le mois de septembre la Société a reçu :

Ouvrages provenant de la bibliothèque de M. Ernest Marché, offerts par Mme Marché.

1° *Manuel du brasseur*, par M. F. Muller, 1872;

2° *Le Sucre et le Papier*, procédé de MM. Aug. de Meritens et V. Kresser, 1873;

3° *Du Pétrole et de ses dérivés*, par M. Normand Tate, traduit de l'anglais, par M. D. R. Brandon, 1864;

4° *L'Évaporation économique des dissolutions salées*, système Piccard, par MM. Weibel et Briquet 1878;

5° Notice sur l'*Établissement Cockerill à Seraing*, par M. Pierre Jacquemin, 1878;

6° *Établissement Frey, Donnay*, catalogue 1878;

7° *Machines à fabriquer le papier*, 1880;

8° Catalogue de la *Fonderie mécanique* de M. A. Piat, 1879;

9° Essais sur la *résistance des matériaux* par les appareils de MM. Thomasset et Vollot, 1878;

10° *Machines-outils, locomotives, tenders, appareils de sucrerie, travaux divers*, exécutés par la Compagnie de Fives-Lille. Deux notices et deux albums, 1878 et 1883;

11° Notice théorique et pratique sur l'*Injecteur automoteur*, par M. H. Giffard, 1861 ;

12° L'*Emploi de l'acier dans les constructions*, par M. J. Barba, 1875;

13° L'*Éclairage au gaz*, par M. E. Robert d'Hurcourt, texte et atlas, 1863 ;

14° Traité pratique de la *fabrication et de la distribution du gaz d'éclairage et de chauffage*, par M. Samuel Clegg, traduit de l'anglais, par M. Servier, 1860;

15° *Système financier de la France*, par M. le marquis d'Audiffret, tome IV, 1863;

16° Précis historique et économique du *Traité de commerce entre la France et la Grande-Bretagne* en 1786, par M. le marquis de Butenval, 1869 ;

17° *Politique économique des négociations commerciales du gouvernement de la République française* de 1871 à 1873, par M. le marquis de Butenval, 1874 ;

18° *Des grandeurs électriques et de leur mesure absolue*, par M. E.-E. Blavier, 1881 ;

19° *Appareils et outils de sondage*, de M. Léon Dru, à l'Exposition universelle de 1878;

20° Études des *Gîtes minéraux, Bassin houiller de Graissessac*, par M. N. Garella, 1843;

21° Album des *Fers et Aciers du Creusot*(Schneider et Cie), 1874;

22° *Classement des Aciers*, par la Société Cockerill, 1874 ;

23° *Composition chimique et propriétés mécaniques des aciers*, par M. Victor Deshayes, 1879;

24° Avenir de la *Métallurgie en France; fers, fonte et acier*, par M. Furiet, 1862 ;

25° Guide pratique du *puddlage du fer et de l'acier*, par M. Ed. Urbin, 1867;

26° *Aciers phosphoreux*, par M. Adolphe Greiner, 1874 ;

27° *Procédés sidérotechniques* de M. Gustave Bérard, par M. Étienne Urbin, 1880 ;

28° *Construction des laminoirs*, par M. Henvaux, 1859 ;

29° *Fabrication du fer et de l'acier puddlé*, par MM. Ansiaux et Masion, 1861 ;

30° *Houille du bassin de Liège*, par M. Léon Jacques, première partie, houille grasse, 1867;

31° *Concession de houille de Moréda* (Asturies) et *usines à fer*, par M. Clausel de Coussergues, 1876;

32° Exploitations de *carrières de pierres à bâtir*,par MM. Civot,Crouet et Gautier, 1885;

33° *La lumière et les couleurs*, par M. Amédée Guillemin, 1874;
34° Recherches sur la *Densité de la glace*, par M. Dufour, 1860;
35° Sur la *solidification de quelques corps*, par M. Dufour, 1861 ;
36° Études sur la *résistance des poutres en fonte*, par M. A. Guettier, 1855 ;
37° *Equilibre élastique des surfaces coniques*, par M. P. Laurent, 1885;
38° *Expériences de force et de traction sur des tôles suédoises*, par M. C. A. Delwick, 1878 ;
39° *Théorie de l'Injecteur automoteur Giffard*, par M. Reech, 1860 ;
40° Sur l'*écoulement de l'air atmosphérique et du gaz hydrogène carboné dans les tuyaux de conduite*, par M. P. S. Girard, 1819 ;
41° *Guide dans Lille*, 1877 ;
42° *Plan de la ville de Nantes*, par M. Barbot, 1880 ;
43° *Carte du dépôt de la guerre d'Auxerre*, 1863 ;
44° — — *de Bayonne*, 1863 ;
45° — — *de Saint-Valery*, 1865 ;
46° — — *d'Yvetot*, 1866 ;
47° *Plan de la ville d'Angers*, par MM. Demoget et A. Maillé, 1881;
48° *Plan de Marseille*, 1880 ;
49° Rapports du *Jury international, Groupe 6, Classe 61, à l'Exposition de 1878, sur les machines, instruments et procédés usités dans divers travaux*, par M. Joseph Lévy, 1880 ;
50° *Pont sur la Garonne et viaduc de Paludate à Bordeaux*, 1857 ;
51° *Les travaux publics en Hollande*, par M. Croisette-Desnoyers, 1874;
52° Étude sur les *chemins de fer anglais*, par M. Schwabe, traduit de l'anglais, par MM. Huberti et Habets, 1872 ;
53° *La question des chemins de fer*, par M. Isaac Pereire, 1879 ;
54° *Influence des chemins de fer en Suisse*, par M. Risler, 1864 ;
55° *Ressorts de suspension et de traction à feuilles étagées*, par M. de Fierlant, 1877 ;
56° Fabrication des *ressorts à lames étagées*, par M. Adhémar Le Roy, 1877;
57° *L'action des freins*, par M. Seguela, 1882;
58° *Voie métallique pour tramway*, par M. Gevecke ;
59° *La traversée des Alpes par un chemin de fer*, par M. E. Marché, 1861;
60° *Réorganisation des chemins de fer français*, par M. Vauthier, 1878;
61° Étude des *essieux de wagons*, par M. Scheffer, traduite par M. Seebold, 1864 ;
62° *La traction électrique appliquée aux tramways*, par M. Émile Reynier, 1885 ;
63° *Manuel du mécanicien-conducteur de locomotives*, par MM. Gustave Richard et L. Bâclé, 1881 (texte et atlas) ;
64° *Tramways, construction et exploitation*, par M. Kinnear Clark, traduit de l'anglais, par M. O. Chemin, 1880 (texte et atlas);
65° *Des tarifs et du rachat des chemins de fer*, par J. B. Krantz, 1882 ;
66° Documents pour servir à l'étude de l'*achèvement du réseau des*

chemins de fer français, par M. Savary, (*Bulletin des transports*, mars 1878);

67° Notice sur les *objets envoyés à l'Exposition universelle de 1878, par la Société Autrichienne I. R. P. des chemins de fer de l'État*, par M. Bresson, 1880;

68° *Chemins de fer des Asturies, Galice et Léon ; la descente du Pajarès*, par M. Gottschalk, 1880;

69° *Voies ferrées étroites entièrement métalliques*, système Soignie;

70° *Appareils télégraphiques, système Morse*, par M. Ed. Rau, 1876;

71° *Appareils à signaux, système Siemens et Halske*, par M. Ed. Rau, 1875;

72° *Enclanchement des signaux et des aiguilles*, par M. Cossmann, 1880;

73° *Construction des navires en fer et en acier*, par M. Read, traduit de l'anglais, par M. Eynaud;

74° *Docks et entrepôts de Marseille et instruments de radoub*, 1879;

75° Demande de *suppression des droits de pilotage à bord des chalands de Paris à la mer*, 1878;

76° *La rade du Havre*, par M. Thuillard-Froideville, 1884;

77° *Port du Havre, nouvelles installations maritimes et l'achèvement des digues de la Seine*, par M. Hersent, 1884;

78° *Inondations; causes principales et préservatifs*, par M. Bonabry, 1878;

79° *The steam engine* (La machine à vapeur); its history and mechanism, by Robert Scott Burn, 1857;

80° *The Lowe-Strony water-gas (gaz par l'eau)*, processes. by R. P. Rothwell;

81° *Hacking, on the manufacture of steel and smith*, on Bessemer steel-rails *(acier et rails d'acier)*, 1875;

82° *The railways amalgamated and grouped in competing systems, by B. Haughton*, 1873. *(Groupement des chemins de fer)*;

83° *Light portable railway (chemin de fer portatif)*, Billing at Lowe, 1873;

84° *Experiments on the mechanical and other properties of steel (Propriétés mécaniques et autres de l'acier)*, by a committee of civil Engineers, 1868;

85° *Kalender für Eisenbahn-Technisher, von Waldegg*, 1876. *(Aide-mémoire technique des chemins de fer)*;

86° et 87° *H. Gruson, Eisengiesserei (fonte Gruson)* and Maschinen-Fabrik Buckau-Magdeburg, 1880 (deux albums);

88° *Transportable Eisenbahnen (chemins de fer portatifs)*, Waggon-Fabrik, J. Goossens, 1882;

89° *Continuirliche automatische, und nichtautomïsche Waccuum-Bremsen, (frein continu par le vide). Hannover, Korting frères*, 1882;

90° *Mechanisch-technischen Laboratorium der K. Polytechnischen Schule in München (laboratoire de l'École polytechnique de Munich) von Bauschinger*, 1874.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR

L'EMPLOI DES ENVELOPPES DE VAPEUR

ET DU

FONCTIONNEMENT COMPOUND DANS LES LOCOMOTIVES

EFFECTUÉES SUR LES CHEMINS DE FER SUD-OUEST RUSSES

Par A. BORODINE.

EXPOSÉ

A la suite des résultats satisfaisants obtenus par M. A. Mallet dans l'application du fonctionnement compound aux locomotives du chemin de fer d'intérêt local de Bayonne à Biarritz, les chemins de fer Sud-Ouest russes ont transformé en 1880 une locomotive en compound d'après le système et sur les plans de M. A. Mallet. En même temps une autre locomotive a été munie de cylindres avec enveloppes à vapeur. Restait à faire des essais comparatifs sur ces machines.

Toutes les expériences et recherches exécutées jusqu'à ce jour sur le travail des machines locomotives, ainsi que sur leur consommation de combustible et d'eau, me semblaient peu complètes, d'une précision insuffisante et fondées sur des bases souvent peu scientifiques. Séduit par la remarquable théorie pratique du moteur à vapeur de G. A. Hirn et par sa belle méthode de recherches sur les machines à vapeur développée par MM. Leloutre, Hallauer et autres expérimentateurs alsaciens, je fus tenté d'adopter plus ou moins la même méthode pour les recherches sur les machines locomotives. De là vint l'idée de l'installation d'un atelier d'essais de locomotives, dans lequel a été exécutée une grande partie des essais comparatifs qui font l'objet de ce travail.

La méthode de G. A. Hirn n'avait été appliquée jusqu'ici que

pour les machines à condensation: il a fallu y introduire quelques modifications pour l'adapter aux machines locomotives qui fonctionnent sans condensation. A cet effet et afin d'éclaircir quelques détails, je me suis rendu en 1880 à Colmar pour consulter M. G. A. Hirn et je dois reconnaître que l'attention, la prévenance et les conseils de cet illustre savant ont puissamment contribué à ces recherches.

Une autre partie des expériences a été exécutée à l'aide de trains d'essais, et ici la méthode adoptée pour le calcul du travail et de la consommation de vapeur et de combustible appartient entièrement à M. Lœvy, ingénieur de la traction des chemins de fer du Sud-Ouest, qui a été chargé de l'exécution de tous les essais.

Ces expériences commencées en 1880 ont duré plusieurs années et ont été exécutées avec le concours très zélé de plusieurs ingénieurs. Les calculs des résultats obtenus ont demandé aussi un travail considérable et très minutieux qui a été cause que ce rapport n'a pu paraître plus tôt.

Une partie de ces recherches a été déjà présentée sous la forme d'une note communiquée par M. A. Mallet à la Société des Ingénieurs civils dans la séance du 2 février 1883.

Ce travail se divise naturellement en quatre parties, dont les deux premières sont consacrées à l'étude des expériences faites sur les deux locomotives ordinaire et compound, tant à l'atelier d'essais que sur des trains en marche; dans la troisième partie sont indiquées les dépenses de combustible constatées pour la machine compound et pour toutes les autres machines du même dépôt pendant la période de 1881 à 1885 inclusivemeut; la dernière partie comprend les conclusions auxquelles ont conduit les résultats d'expériences donnés dans les trois premières parties,

PREMIÈRE PARTIE

Expériences faites à l'atelier d'essais de locomotives.

DESCRIPTION DE L'INSTALLATION DE L'ATELIER D'ESSAIS

Une grande partie des expériences faites dans le but d'étudier le travail de la vapeur dans les machines locomotives a été exécutée dans un atelier d'essais installé provisoirement à côté des ateliers de réparation de Kieff.

Le but et l'arrangement général d'un atelier de ce genre, que j'avais proposé dès 1881, ont été décrits dans les Chroniques de la Société des Ingénieurs Civils, 1881, page 374 et 1882, page 100.

L'atelier d'essais a été disposé d'après ces principes, seulement comme les expériences à faire ne concernaient que la machine à vapeur de la locomotive, tous les arrangements projetés pour les recherches relatives au combustible ont été laissées de côté. Puis, comme je n'avais pas à ma disposition de frein capable d'absorber tout le travail produit par la machine locomotive, je me suis trouvé obligé de faire travailler la machine de façon à n'obtenir qu'une force de 90 chevaux environ, servant à mettre en mouvement les machines-outils des ateliers de Kieff. Par cette raison les expériences ont dû s'exécuter avec de faibles admissions de vapeur et à des pressions comparativement basses. La commodité de l'installation a permis de faire les expériences avec rapidité et facilité et d'exécuter toutes les vérifications désirées ainsi que des essais calorimétriques pour le contrôle.

La disposition de l'atelier d'essais est indiquée figures 1-5, planche 127. La locomotive séparée de son tender a été installée en dehors du bâtiment des ateliers et perpendiculairement au côté OO (fig. 1 et 4) du bâtiment; la locomotive ainsi que tous les différents appareils et accessoires étaient protégés contre le mauvais temps par un abri. Les roues de l'essieu moteur étaient un peu soulevées au-dessus des rails, les roues accouplées étaient découplées, et les roues motrices transformées en poulies-volants. Les roues motrices de la locomotive à l'aide de courroies agissaient sur les poulies d'une transmission intermédiaire FF (fig. 1, 2 et 4), qui transmettait le mouvement à l'arbre principal des ateliers. Le rapport des diamètres des poulies avait été choisi de façon que la

locomotive pouvait faire de 92 à 102 tours, correspondant à une vitesse de 28-31 kilomètres à l'heure.

Comme la vapeur de l'échappement était condensée dans une cuve et par suite ne pouvait pas être utilisée pour renforcer le tirage, on a été obligé d'allonger la cheminée de la locomotive afin d'obtenir un tirage suffisant. Pendant toute la durée de chaque expérience (de 2 à 3 1/2 heures environ) la locomotive travaillait dans les mêmes conditions de distribution, dans la même position du régulateur et autant que possible avec la même vitesse et la même pression dans la chaudière. On faisait ainsi produire à cette locomotive un travail constant — le minimum nécessaire pour faire marcher les machines des ateliers, la partie variable de ce travail étant effectuée par le moteur de ceux-ci. Cependant les petites perturbations qui se présentaient pendant les essais, par suite d'une augmentation de pression ou d'un plus grand nombre de tours, étaient prises en considération comme il sera dit plus bas.

La locomotive d'essais était munie :

1° D'un double manomètre vérifié à l'aide d'un manomètre à mercure, avec une division de 0,1 atmosphère.

2° D'un compteur de tours H (fig. 1) donnant le nombre de tours de la machine.

3° D'un manomètre A pour vérifier la pression dans les enveloppes de vapeur.

4° D'indicateurs S adaptés à chacun des cylindres permettant d'obtenir des diagrammes de chaque côté des pistons. Le tambour de l'indicateur S était mis en mouvement à l'aide de la crosse du piston D; afin d'obtenir une proportionnalité complète entre les abscisses des diagrammes et les mouvements des pistons des cylindres, la transmission du mouvement au tambour de l'indicateur était composée des pièces suivantes (fig. 6) :

a. Une tige en fer *a a'*, traversant le tablier de la locomotive, ayant un point fixe de rotation M et des trous allongés à ses extrémités pour recevoir les tourillons *a a'*, dont l'un était fixé au bouton de la crosse du piston et l'autre à une pièce pouvant se mouvoir sur la glissière K K, maintenue par deux supports LL'.

b. Deux supports L L′ taraudés d'un côté et venant, à l'aide de deux écrous, l'un au-dessus *n*, l'autre au-dessous *n′*, se fixer au tablier de la machine; en serrant ou desserrant les écrous on pouvait à volonté soulever ou abaisser les deux supports.

c. La corde servant à donner le mouvement au tambour de l'indicateur était fixée au tourillon de la pièce en mouvement et passait entre deux petites roulettes adaptées au support de droite L′ afin que la partie comprise entre les roulettes et le tourillon *a* fût dans une position parallèle à l'axe du cylindre à vapeur.

L'indicateur du niveau d'eau était muni de cloisons intérieures (fig. 9) ayant pour but d'empêcher les agitations dans le tube.

Afin de pouvoir recueillir la vapeur d'échappement pour en mesurer le poids et la quantité de calories contenue à la sortie des cylindres, c'est-à-dire afin d'exécuter des essais de vérifications calorimétriques dans le genre de ceux qui ont été faits par G. A. Hirn et autres expérimentateurs alsaciens sur les machines à condensation, on avait adopté l'arrangement suivant :

Sur un tréteau élevé on avait disposé une bâche Y à cloisons (fig. 2, 3 et 5) munie d'un déversoir mobile *b b* qui servait à régler le niveau de l'eau amenée d'un conduit d'eau à l'aide de tuyaux *a*, *a′* et à évacuer le trop-plein d'eau dans un caniveau K et de là par le tuyau *d*. La bâche dans sa partie inférieure était munie d'un orifice en mince paroi *s* que l'on voit dans la figure 5 et à une échelle plus grande dans la figure 7ª.

L'eau froide amenée continuellement dans la bâche Y s'écoulait librement par l'orifice *s* sous une charge presque constante sur le centre de l'orifice, ce qui était facile à obtenir à l'aide du déversoir mobile, ainsi qu'à l'aide des robinets 1 et 2 (fig. 3 et 4) permettant de régler le débit. La charge sur l'orifice se mesurait à l'aide d'un tube de niveau d'eau (fig. 2) muni d'une échelle. L'eau s'écoulant régulièrement de la bâche Y dans une auge S passait de là par une ouverture faite dans le fond de l'auge dans un tube recourbé *g*, puis dans un autre de plus grandes dimensions et également recourbé B, muni, comme il est indiqué figure 5, d'une grille couverte d'une couche de coke; l'eau, après avoir traversé le coke et la grille, tombait en pluie par un tube de fort diamètre dans une grande cuve C, rencontrant sur son passage la vapeur de l'échappement du cylindre amenée par le tuyau C (fig. 2 et 3)

dans l'enveloppe *l* et ensuite par les ouvertures multiples du tube de fort diamètre. La vapeur d'échappement ayant rencontré l'eau sous forme de pluie se condensait en partie et le mélange d'eau et de vapeur tombait dans la cuve C, où il se mêlait à l'eau de la cuve dont le niveau était constamment maintenu à une hauteur suffisante pour éviter des pertes de vapeur non condensée.

Cette cuve à sa partie inférieure était munie d'un orifice en mince paroi *s'* (fig. 5) semblable en tout à l'orifice *s* de la bache Y ; par cet orifice s'écoulait l'eau échauffée provenant du mélange d'eau froide et de vapeur condensée. Cette cuve était également munie de cloisons intérieures, représentées dans la figure 5 empêchant les mouvements du liquide pour que la hauteur du niveau dans la cuve puisse être facilement mesurée à l'aide d'un tube de niveau d'eau (fig. 3). La bâche Y et la cuve C étaient munies de thermomètres, placés près des orifices *s s'*.

Le volume de l'eau froide écoulée de la bâche Y pouvait être déterminé avec précision, connaissant la charge et les conditions d'écoulement par l'orifice en mince paroi *s*; la dépense d'eau de la cuve C pouvait être de même déterminée et par conséquent la différence des dépenses de la bâche d'en haut et de la cuve d'en bas représentait la quantité de vapeur condensée (à quelques corrections près, comme il sera dit plus loin) et servait de vérification de la consommation d'eau directement jaugée.

La différence de température de l'eau dans la bâche et dans la cuve donnait le moyen d'évaluer la quantité de chaleur amenée par la vapeur d'échappement, ce qui, comme on le verra plus loin, servait aux vérifications calorimétriques des résultats obtenus.

Afin de jauger directement la quantité d'eau d'alimentation employée, on avait préalablement jaugé et installé une cuve D. munie d'un tube de niveau d'eau, d'où l'eau était prise par un injecteur à l'aide du tuyau *b*; l'eau que perdait l'injecteur était recueillie et mesurée par une bâche en tôle G. La cuve D était alimentée à volonté par le trop-plein de la bâche Y à l'aide du tuyau *d*, d'un réservoir intermédiaire E et d'un robinet.

La bascule F (fig. 2 et 4) servait à peser le combustible et l'eau employée pour le jaugeage des cuves, bâches, etc.

Expériences préliminaires pour déterminer les données nécessaires aux essais.

La cuve D était jaugée entre les deux graduations N N 839 — 81 de l'échelle du tube de niveau d'eau, en pesant l'eau écoulée par le robinet *i'* (fig. 2). De cette manière a été établi le tableau suivant :

INDICATIONS du TUBE DE NIVEAU D'EAU	POIDS DE L'EAU DE LA CUVE D en KILOGRAMMES	INDICATIONS du TUBE DE NIVEAU D'EAU	POIDS DE L'EAU DE LA CUVE D en KILOGRAMMES	INDICATIONS du TUBE DE NIVEAU D'EAU	POIDS DE L'EAU DE LA CUVE D en KILOGRAMMES
839	978.20	»	»	89	11.67
838	977.23	»	»	88	10.21
837	976.26	»	»	87	8.75
836	975.30	»	»	86	7.29
835	974.33	»	»	85	5.83
834	973.37	»	»	84	4.37
833	972.40	»	»	83	2.91
832	971.43	»	»	82	1.45
etc.	etc.	»	»	81	0.

L'échelle de ce tube de niveau d'eau, comme des autres, était graduée de manière que 94 divisions de l'échelle correspondaient à 100 millimètres.

Comme le niveau de l'eau dans la chaudière pouvait ne pas être le même au commencement et à la fin des expériences, on s'est trouvé obligé de jauger aussi la partie supérieure de la chaudière, afin de tenir compte des variations de ce niveau et l'on a établi le tableau suivant :

INDICATIONS du TUBE DE NIVEAU D'EAU	KILOGRAMMES	INDICATIONS du TUBE DE NIVEAU D'EAU	KILOGRAMMES	INDICATIONS du TUBE DE NIVEAU D'EAU	KILOGRAMMES
50	0	»	»	220	1097.8
51	6.9	»	»	221	1103.5
52	13.8	»	»	222	1109.2
53	20.7	»	»	223	1114.9
54	27.6	»	»	224	1120.6
55	34.5	»	»	225	1126.3
56	41.4	»	»	226	1132.0
57	48.3	»	»	227	1137.7
58	55.2	»	»	228	1143.4
etc.	etc.	»	»	229	1149.1

La cuve *C* avait été jaugée également afin de tenir compte des différences de niveau au commencement et à la fin de chaque expérience et le tableau suivant a été dressé :

INDICATIONS du TUBE DE NIVEAU D'EAU	POIDS DE L'EAU en KILOGRAMMES	DIFFÉRENCES des POIDS DE L'EAU	POIDS DE L'EAU pour UNE GRADUATION du TUBE DE NIVEAU D'EAU
870	0	»	»
836	57.33	57.33	1.636
805	111 39	54.06	1.744
777	160.12	48.73	1.740
748	212.64	52.52	1.811
720	264.65	52.01	1.857
etc.	etc.	etc.	etc.

Comme les échelles des tubes de niveau d'eau de la bâche Y et de la cuve C n'avaient pas pu être fixées de façon que les zéros de leurs graduations se trouvent mathématiquement aux centres des ouvertures $s\,s'$, on s'est trouvé forcé de mesurer ces différences; elles étaient :

Pour le tube de niveau de la bâche Y : — *55* divisions de l'échelle ;

Pour le tube de niveau de la cuve inférieure C :

Dans les expériences n°s 1 à 2 : — *10* divisions,
Dans les expériences n°s 3 à 16 : — *93* divisions,
Dans les expériences n°s 17 à 36 : — *16* divisions de l'échelle.

Pour obtenir la charge sur le centre de l'orifice il fallait donc tenir compte de ces corrections du niveau.

Afin de déterminer le coefficient n d'écoulement de chaque orifice, on a adapté successivement les deux rondelles des orifices à l'ouverture de la bâche Y et on laissait l'eau s'écouler pendant 5 à 6 minutes sous une charge constante dans la cuve C préalablement jaugée et dont l'ouverture s' était fermée. Connaissant de cette façon la quantité Q (en mètres cubes) d'eau recueillie dans la cuve inférieure, le temps t d'écoulement en secondes, la charge h sur le centre de l'orifice (en mètres), la surface s de l'orifice d'écoulement (en mètres carrés), qui avec un diamètre de 38 millimètres était égale à 0,001134, on obtenait le coefficient n d'écoulement, d'après la formule :

$$n = \frac{Q}{ts\sqrt{2gh}}$$

dans laquelle g est l'accélération due à la pesanteur et égale à $9^{m},81$.

Voici les résultats de ces expériences :

NUMÉROS D'ORDRE	DURÉE t des essais en secondes	INDICATIONS de l'échelle du niveau d'eau DE LA CUVE C. de	à	Q en KILOGR.	CHARGE sur le centre de l'orifice de la BACHE Y (mm.)	COEFFICIENT d'écoulement.	VALEURS moyennes.
			Rondelle n° 1 :				
1	344	179	747	1.123	892	0.68820	
2	346	190	768	1.137	905	0.68768	0.68721
3	348	217	791	1.118	870	0.68571	
			Rondelle n° 2 :				
1	280	242	697	894	870	0.68149	0.68345
2	337	198	751	1.089	881	0.68541	

Connaissant la valeur de n, le volume Q de l'eau écoulée par les orifices se déterminait dans les expériences suivantes à l'aide de la formule :

$$Q = nts\sqrt{2gh} = At\sqrt{h};$$

A étant une constante égale à $ns\sqrt{2g}$.

En déterminant les poids des volumes d'eau écoulée de la bâche Y et de la cuve C on prenait en considération les variations des volumes spécifiques de l'eau avec la température, et à cet effet on se servait du tableau de Dépretz pour les volumes de l'eau à diverses températures.

La pression de la vapeur était mesurée avec un double manomètre métallique gradué à $\frac{1}{10}$ d'atmosphère et composé de deux manomètres séparés l'un de l'autre. Ce manomètre avait été vér

fié à l'aide d'un manomètre à mercure et le tableau suivant donne les différences trouvées dont on tenait compte dans le calcul :

INDICATION du MANOMÈTRE en atm.	PRESSION effective corrigée : MANOMÈTRE N° 1	DIFFÉRENCE	PRESSION effective corrigée : MANOMÈTRE N° 2	DIFFÉRENCE
1	0.727	—	0.600	—
2	1.824	1.097	1.667	1.067
3	2.895	1.072	2.737	1.070
4	3.900	1.005	3.790	1.053
5	4.947	1.047	4.800	1.010
6	6.000	1.053	5.899	1.099
etc.	etc.	etc.	etc.	etc.

Les ressorts des indicateurs étaient tarés à chaud à l'aide de l'appareil Dreyer, Rozenkranz et Droop construit de la manière suivante (fig. 8) :

Sur une plaque P, parfaitement dressée et amenée dans une position horizontale à l'aide de trois vis O, se trouvent fixées deux colonnes *a* et *b* réunies dans leur partie supérieure par une traverse en bronze D et portant sur son milieu un cylindre creux H dont une moitié, pour faciliter les manipulations, est à charnières et peut s'ouvrir ; les deux parties de ce cylindre sont réunies à l'aide d'une bride et d'une vis F. Les pièces 1 et 2 qui s'adaptent au ressort 3 à essayer, peuvent être mutuellement changées de place selon que le ressort doit être essayé à un effort de traction, ou à celui de compression. Au bras A est adaptée une échelle M qui sert à enregistrer les indications données par le levier S de l'indicateur lié à la tige JJ_1. La tige J est munie dans sa partie inférieure d'un petit plateau T sur lequel on dispose les poids V_0, V_1 ; les poids V_1 sont calculés de façon à représenter une pression de un kilogramme par centimètre carré de la section du piston de l'indicateur, tandis que les poids V_0 le sont pour une pression de 1/10 de kilogramme. Afin de vérifier les ressorts à une température équivalente à celle où ils travaillent, le cylindre H se

trouve en communication à l'aide d'un tube avec une petite chaudière K (fig. 7) chauffée au gaz ou à l'esprit-de-vin, dont la vapeur est amenée dans le cylindre H par l'orifice g et s'échappe par l'orifice g_1.

La température de l'eau froide dans la bâche Y et celle de l'eau de la cuve C sont mesurées à l'aide d'un thermomètre centigrade avec échelle divisée en dixièmes de degré. On avait apporté une attention spéciale à la vérification des thermomètres. Pour le thermomètre employé pour l'eau chaude la vérification a été opérée par l'ingénieur Filonenko dans le laboratoire de l'Université de Kieff. On a vérifié les points fixes 0 et 100 et mesuré les capacités des divisions de l'échelle et de cette manière a été dressée la table suivante :

TEMPÉRATURE INDIQUÉE par LE THERMOMÈTRE	TEMPÉRATURE CORRIGÉE	TEMPÉRATURE INDIQUÉE par LE THERMOMÈTRE	TEMPÉRATURE CORRIGÉE
10	9.85	61	59.39
11	10.84	62	60.36
12	11.84	63	61.33
13	12.83	64	62.30
14	13.82	65	63.28
15	14.82	66	64.26
16	15.81	67	65.24
17	16.80	68	66.22
18	17.80	69	67.20
19	18.79	70	68.18
etc.	etc.	etc.	etc.

Le thermomètre destiné à indiquer la température de l'eau froide n'a pas été vérifié d'une manière si précise ; on s'est contenté de le comparer avec le thermomètre précédent, ce qui était suffisant, vu les petites variations des températures de l'eau froide.

MARCHE DES EXPÉRIENCES.

La durée de chaque expérience variait de 1 h. 1/2 à 3 h. 1/2. Pendant toute la durée de l'expérience, comme il a été dit plus haut, le levier de changement de marche, ainsi que la position du régulateur, n'étaient pas déplacés, la pression de la vapeur, ainsi que la vitesse du mouvement de la machine, étaient maintenues autant que possible toujours les mêmes, mais, comme les variations, surtout de la pression, étaient inévitables, les indications du manomètre étaient notées à chaque minute ; le nombre de tours, outre les indications du compteur, était compté directement chaque fois qu'on relevait les diagrammes, ce qui se faisait toutes les cinq minutes.

Les indications des tubes de niveau d'eau de la bâche Y, de la cuve C et du thermomètre de cette dernière étaient notées chaque minute ; quant aux indications du thermomètre de la bâche Y, elles étaient notées chaque dix minutes, vu que la température de l'eau froide pendant toute la durée de l'expérience était presque constante.

Les indications du tube de niveau d'eau de la chaudière, ainsi que celles du compteur de tours, étaient notées au commencement et à la fin de chaque expérience.

Enfin, le bois employé comme combustible était pesé, bien que ces données n'eussent pas d'importance directe pour ces expériences dont le seul but était l'analyse du travail de la machine à vapeur.

Se basant sur les données recueillies et prenant en considération les corrections décrites, on obtenait pour chaque essai :

1° La consommation totale de vapeur humide, déduite du jaugeage direct ;

2° La même consommation totale par tour de la machine en divisant la consommation totale par le nombre total de tours ;

3° Le nombre de tours moyen pour toute la durée de l'expérience par minute ;

4° La pression moyenne dans la chaudière, les températures moyennes de l'eau de condensation initiale (de la bâche Y) et finale (de la cuve C) ;

5° Les charges moyennes sur le centre des orifices de la bâche Y et de la cuve C. Comme la dépense de l'eau par un orifice à mince paroi est proportionnelle à la racine carrée de la charge, il aurait été plus juste de prendre la moyenne des racines carrées calculées pour chaque charge séparément; cependant, vu les variations peu importantes du niveau de l'eau, on s'est contenté des moyennes arithmétiques des charges ;

6° Les pressions p_1, p_2 et les contre-pressions p_3, p_4 absolues, moyennes pour toute l'expérience, séparément pour l'avant et l'arrière de chaque cylindre ; à cet effet, à l'aide du planimètre d'Amsler on évaluait la pression et la contre-pression absolue sur chaque diagramme relevé en avant et en arrière de chaque cylindre et on prenait la moyenne arithmétique de tous les chiffres obtenus ;

7° Le travail indiqué développé par la machine pendant toute la durée de l'expérience ;

8° La consommation de vapeur humide par cheval indiqué et par heure. Dans le cas où les enveloppes fonctionnaient on notait la consommation en y comprenant et aussi sans y comprendre l'eau condensée dans les enveloppes. Cette consommation dans les cas où travaillait une locomotive ordinaire avec un cylindre seulement, était obtenue à l'aide de la formule :

$$P_1 = \frac{3{,}600 \times 75\ \varpi}{l\,(wp + w^1 p^1)}$$

dans laquelle ϖ représente la consommation de vapeur par tour de la machine, l la course du piston en mètres, w la surface d'avant du piston en centimètres carrés, w^1 la surface d'arrière du piston, $p = (p_1 - p_3)$ la pression effective moyenne en kilogr. sur la surface d'avant du piston, $p^1 = (p_2 - p_3)$ la même pression sur la surface d'arrière.

Comme les pressions étaient notées en atmosphères et que la pression d'une atmosphère équivaut à 1,0334 kilogr. par centimètre carré, on a :

$$P_1 = \frac{1}{1{,}0334} \times \frac{3{,}600 \times 75.\ \varpi}{l\,(wp + w^1 p^1)}$$

On évaluait aussi la consommation de vapeur P_2 par heure et

par cheval absolu (supposant un vide parfait derrière le piston). Cette consommation s'obtenait par la formule :

$$P_2 = \frac{1}{1,0334} \frac{3,600 \times 75 \times \varpi}{l\,(wp_1 + w^1 p_2)}$$

9° La dépense de la vapeur servant à l'échauffement des enveloppes. A cet effet les enveloppes étaient munies d'un appareil automatique destiné à évacuer l'eau condensée, qui était ensuite pesée. Cet appareil est représenté figure 8_a et est basé sur la différence de la dilatation de métaux différents ; il consiste en un tube en laiton introduit et fixé par une de ses extrémités dans un tuyau en fonte de plus grand diamètre ; l'autre extrémité de ce tube en laiton s'il est chauffé par la vapeur vient s'appuyer sur un clapet installé à l'aide d'une vis. Le tube en laiton venant à s'emplir d'eau condensée se refroidit, se raccourcit et l'eau s'écoule par l'espace compris entre le clapet et l'extrémité du tube et cela jusqu'au moment où le tube réchauffé par la rentrée de la vapeur s'allonge et vient s'appuyer de nouveau sur le clapet.

Controle des résultats obtenus

A. Eau entraînée.

Désignons par :

Q — le poids en kilogr. de l'eau écoulée de la bâche supérieure dans la cuve inférieure pendant toute la durée de l'expérience.

N — la consommation totale, pendant la même durée de temps, de vapeur humide par les cylindres, en kilogr.

m — le poids d'eau condensée dans les enveloppes.

t_0 — la température moyenne pour toute la durée de l'expérience de l'eau froide s'écoulant de la bâche Y.

t_1 — la température moyenne de l'eau chaude dans la cuve C.

t_2 — la température moyenne de la vapeur dans la chaudière.

q_0, q_1, q_2 — quantités de calories contenues dans un kilogramme d'eau aux températures $t_0\ t_1\ t_2$.

q_3, q_4 — idem aux températures de l'eau de la cuve inférieure C au commencement et à la fin de l'opération.

X — la quantité moyenne de vapeur sèche contenue dans un kilogramme de vapeur humide venant de la chaudière.

T — le travail indiqué total pendant toute la durée de l'expérience en kilogrammètres.

R_e — la quantité de chaleur perdue pendant l'essai par le refroidissement extérieur.

A_1 A_2 — les poids de l'eau contenue dans la cuve C au commencement et à la fin de l'essai.

Se basant sur les principes de la théorie mécanique de la chaleur et en admettant que l'équivalent mécanique de la chaleur $= 424$ kilogrammètres, on a :

1) La valeur $\{ Q + M + (A_1 - A_2) \} q_1$ représentera la quantité de chaleur contenue dans l'eau chaude écoulée de la cuve C. pendant l'essai ;

2) $A_2 q_4$ — la quantité de chaleur restée dans la cuve C à la fin de l'expérience ;

3) $\frac{T}{424}$ — la quantité de chaleur dépensée pour le travail.

Dans le cas des enveloppes non fonctionnantes, la somme de ces trois valeurs (si on ne tient pas compte de la perte de chaleur R_e par refroidissement extérieur) doit être équivalente à la somme des quantités de chaleur :

1) $Mx\,(606{,}5 + 0{,}305\,t_2) + M\,(1 - x)\,q_2$, qui représente la quantité de chaleur fournie par la chaudière pendant l'expérience.

2) Qq_0 — la quantité de chaleur apportée par l'eau froide sortant de la bâche Y.

3) $A_1 q_3$ — la quantité de chaleur contenue dans l'eau de la cuve C au commencement de l'essai.

On obtient donc l'équation :

$$\{ Q + M + (A_1 - A_2) \} q_1 + A_2 q_4 + \frac{T}{424} =$$

$$Mx\,(606{,}5 + 0{,}305\,t_2) + M\,(1 - x)\,q_2 + Qq_0 + A_1 q_3$$

d'où :

$$x = \frac{Q\,(q_1 - q_0) + M(q_1 - q_2 + \frac{T}{424} + A_1\,(q_1 - q_3) + A_2\,(q_4 - q_1)}{M\,(606{,}5 + 0{,}305\,t_2 - q_2)} \quad (I)$$

et la proportion 0/0 (moyenne pour tout l'essai) d'eau entraînée par la vapeur de la chaudière sera $= 100 (1 - x)$. Toutes les valeurs de la seconde partie de cette équation étant données par les essais, cette équation servira pour déterminer la proportion 0/0 d'eau entraînée pour chaque essai.

Dans les cas où les enveloppes des cylindres n'étaient pas chauffées, on ne tenait pas compte de la perte de chaleur R_e par le refroidissement extérieur des cylindres, devenue négligeable, grâce à l'isolement des parois par les couches d'air des enveloppes.

Dans le cas où les enveloppes fonctionnent, la vapeur condensée rend une partie de sa chaleur $m\ (606{,}5 + 0{,}305\ t_2 - q_2)$ à la vapeur travaillant dans les cylindres et l'autre partie R_e à l'extérieur, de façon qu'il faut ajouter au numérateur de la seconde partie de l'équation (1) la quantité :

$$\left\{ m\ (606{,}5 + 0{,}305\ t_2 - q_2) - R_e \right\}$$

avec le signe négatif (—).

La valeur R_e dans toutes ces expériences faites avec une locomotive ordinaire était admise, conformément aux résultats obtenus par G. A. Hirn et Péclet sur le refroidissement extérieur des cylindres et des tubes de vapeur, égale à 0,5 calorie par cylindre et tour de la machine; vu le peu d'importance de cette valeur on n'a pas jugé nécessaire de faire des essais directs sur le refroidissement extérieur des enveloppes employées.

Comme presque tous les essais étaient exécutés dans des conditions plus ou moins semblables de pression, de vitesse et de consommation de vapeur, la quantité d'eau entraînée devait être dans toutes les expériences à peu près la même. Par conséquent la comparaison des valeurs x ou $100\ (1 - x)$ obtenues pouvait donner l'idée du degré de précision avec laquelle les essais ont été conduits et les calculs exécutés ; aussi, dès que la proportion d'eau entraînée, obtenue pour un essai quelconque, s'écartait beaucoup des valeurs moyennes, cela donnait lieu à supposer et souvent à trouver des erreurs, soit d'observation, soit de calcul.

B. Vérification de la consommation d'eau.

Nous avons indiqué plus haut les méthodes de jaugeage de l'eau écoulée de la bâche supérieure et de la cuve inférieure, ainsi que de la consommation de vapeur humide passée par les cylindres. Comme toute cette vapeur (à l'exception des fuites accidentelles) passait avec l'eau froide de la bâche supérieure dans la cuve inférieure, le poids de l'eau écoulée de la cuve, en tenant compte des différences de niveau au commencement et à la fin de l'essai, devait être égal au poids de l'eau sortie du réservoir supérieur et augmenté de celui de la vapeur passée par les cylindres. La différence entre ces deux volumes indiquera avec quelle précision les dépenses d'eau des deux réservoirs et de celle d'alimentation ont été évaluées, ou — ce qui est la même chose — la différence entre les quantités d'eau écoulées de la cuve inférieure et de la bâche supérieure donnera la consommation de vapeur par les cylindres directement jaugée. Grâce à ce moyen de vérification on a pu réparer quelques erreurs toujours possibles et faire reconnaître le manque de précision dans quelques essais.

RÉSULTATS OBTENUS.

A. ESSAIS EFFECTUÉS SUR LA LOCOMOTIVE ORDINAIRE A 22 DANS LE COURANT DE L'ANNÉE 1882.

Cette série d'essais a été faite avec une machine à voyageurs, type Cail à deux essieux couplés, dont les cylindres extérieurs étaient munis d'enveloppes de vapeur dans lesquelles la vapeur active s'introduisait directement de la chaudière par des tuyaux spéciaux; l'eau de condensation de cette vapeur s'échappait des enveloppes par l'appareil automatique (fig. 8[a]).

On pouvait interrompre à volonté l'accès de la vapeur dans les enveloppes et suspendre de cette manière leur fonctionnement. La machine avait les dimensions suivantes :

Diamètre des cylindres.	420 m/m
— de la tige du piston . . .	66 m/m

	m. q.	
Surface d'avant du piston	0,1385	
— d'arrière —	0,1350	(1)
Course des pistons	0,600	

Les espaces nuisibles ont été mesurés en les remplissant d'eau, le piston étant au point mort, et étaient pour l'avant de 7,3 0/0 du volume engendré par coup de piston et pour l'arrière de 8,0 0/0 de ce volume,

Recouvrement extérieur des tiroirs. . .	25 m/m
— intérieur — . . .	1 m/m

Distribution par des coulisses Stephenson.

Le but des essais était d'évaluer :

1) L'influence des enveloppes de vapeur sur la consommation de la vapeur par les machines sans condensation (2), *2)* l'influence du mode de réglage de la distribution par coulisse.

Pour atteindre le premier but, on a fait une série d'expériences avec et sans enveloppes dans les mêmes conditions de pression, de vitesse, de distribution, etc.

Le second problème provenait du désir de trouver l'influence qu'avait sur la consommation de vapeur telle ou telle autre méthode de vérification et de réglage de distribution. En général, par le réglage de la distribution, on cherche à obtenir des admissions égales des deux côtés du piston, sans tenir compte de l'inégalité que l'on obtient dans l'avance linéaire du tiroir ou bien l'on cherche à obtenir la même avance pour les deux courses du piston, sans faire attention à l'inégalité de l'admission des deux côtés du piston. Désirant évaluer l'effet de ces deux méthodes de vérification de la distribution sur la consommation de vapeur, on a fait des expériences comparatives avec différentes distributions, comme on le voit dans le tableau suivant :

(1) En défalquant la surface de la section de la tige.

(2) Les résultats des essais faits aux usines du Creusot par M. F. Delafond, qui sont venus jeter de lal umière sur cette question, n'ont paru qu'à la fin de 1884.

NUMÉRO DES CATÉGORIES de DISTRIBUTION	COTÉ DU CYLINDRE	AVANCE D'ADMISSION		OUVERTURES MAXIMA des LUMIÈRES D'ENTRÉE		ADMISSION en 0/0 de la course du piston	COURSE du TIROIR en millimètres	NUMÉROS des ESSAIS EFFECTUÉS
		Grandeur linéaire en millimet.	En 0/0 de la section du cylindre	Grandeur linéaire en millimèt.	En 0/0 de la section du cylindre			
Dent 2 du secteur du levier de changement de marche.								
I	Avant	8	1.78	9.75	2.17	30.0	61	1.2.3.4
	Arr.	3	0.67	4.75	1.06	28.5		
II	Avant	4.5	1.04	6.5	1.45	25.3	61	5.6.7.8.9
	Arr.	3.25	0.73	6.37	1.42	34.4		10.11.12
III	Avant	3.75	0.84	6	1.34	23.7	61	13.14
	Arr.	3.75	0.84	8	1.78	36.7		
IV	Avant	5.5	1.23	8.25	1.84	26.9	61.5	15.16
	Arr.	3.0	0.67	7.50	1.67	32.7		
V	Avant	7.37	1.65	9.75	2.17	29.4	61.5	17.18.19.20 21.22.23.24
	Arr.	1.00	0.22	6.00	1.34	30.0		25.26.27.28
Dent 1 du secteur du levier de changement de marche.								
VI	Avant	8	1.78	8.5	1.90	22.0	60	29.30.31
	Arr.	0.75	0.17	2	0.45	17.2		
VII	Avant	6.88	1.54	7.5	1.67	19.5	60	32.33.34.35
	Arr.	2.38	0.53	3.5	0.78	19 7		

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, tous les essais ne pouvaient avoir lieu qu'à condition que la machine ne travaillât qu'à une force maxima de 90 chevaux. Il en résulte que, même en faisant

les expériences avec un seul cylindre, on a été obligé de se contenter d'expériences faites à la 2e et à la 1re dent du secteur du changement de marche (à des admissions de 0,3 et de 0,2 de la course du piston environ),et avec de faibles pressions dans la chaudière de 4,1 à 6.3 atmosphères absolues.

Les résultats obtenus de 35 expériences se trouvent dans le tableau A hors texte dans lequel les chiffres correspondants aux essais avec des enveloppes fonctionnantes sont marqués en caractères plus noirs. Quelques explications sur ce tableau sont nécessaires :

La colonne 25 donne le degré de précision avec laquelle on évaluait la quantité d'eau écoulée des réservoirs supérieur et inférieur; les différences dans la plus grande partie des expériences ne dépassaient pas 0,2 à 0,3 0/0; dans 6 expériences elles atteignaient 0,4 à 0,5 0/0 et enfin dans 4 expériences, ces différences arrivaient à 0,6 et 0,7 0/0; une partie de ces différences doit être attribuée au jaugeage de la consommation d'eau d'alimentation par suite de la difficulté d'évaluer d'une manière précise la hauteur du niveau de l'eau dans la chaudière.

La colonne 26 donne les limites des erreurs possibles dans le jaugeage de l'eau consommée; on remarque que dans la plus grande partie des expériences (25 essais) ces limites ne dépassaient pas 3,4 0/0; dans 5 expériences elles atteignaient 5,7 0/0 et enfin dans 5 autres elles arrivaient quelquefois jusqu'à 10 à 11 0/0. Ces valeurs ont été trouvées dans la supposition que les quantités d'eau écoulée de la bâcho supérieure ainsi que de la cuve inférieure ont été exactement mesurées; mais, comme il a pu y avoir des erreurs, il en résulte que les erreurs dans l'évaluation de la quantité de l'eau d'alimentation sont évidemment moindres.

La colonne 24 représente l'eau entraînée par la vapeur sortant de la chaudière mesurée comme il a été dit précédemment; cette colonne donne en même temps une idée du degré de précision avec laquelle toutes les observations et les calculs ont été faits. Comme on le voit dans la plus grande partie des expériences, on observait une proportion pour cent d'humidité assez faible, ne dépassant pas 4 0/0; quelques expériences indiquèrent un léger degré de surchauffe qui ne dépassait pas cependant — 3 1/2 0/0. Seulement 6 essais ont donné un degré plus élevé d'humidité ou de surchauffe qui atteignaient dans deux expériences + 7 1/2 0/0,

aussi est-il nécessaire de remarquer que dans ces dernières expériences les colonnes 25 et 26 indiquent une moindre précision dans l'évaluation de la consommation d'eau d'alimentation et des quantités d'eau écoulées des réservoirs supérieur et inférieur, ce qui permet de supposer une erreur dans le jaugeage de l'eau consommée.

Prenant pour consommation vérifiée la moyenne des consommations jaugée directement et calculée par la différence entre les dépenses des réservoirs supérieur et inférieur, on obtient (voir la colonne 27) des degrés d'humidité semblables à ceux des autres expériences. L'expérience N 20 fait seule exception, aussi ne mérite-t-elle que peu de confiance : la petite consommation de vapeur par cheval, la faible vaporisation du bois employé et, enfin, la forte surchauffe de la vapeur, tout conduit à douter de la précision des résultats obtenus par cet essai.

Si l'on prend en considération la quantité de facteurs de l'équation (I), la grande quantité d'observations et de calculs minutieux et compliqués qui étaient indispensables pour l'évaluation du degré d'humidité dans la vapeur, on reconnaîtra que les résultats obtenus sont très favorables, qu'ils méritent pleine confiance et qu'ils témoignent du degré de précision de la méthode d'observation qui était appliquée.

La petite quantité d'eau entraînée pourrait peut-être inspirer des doutes à quelques personnes, car il existe une idée assez répandue que les chaudières et particulièrement les chaudières de locomotives produisent une vapeur humide qui contient beaucoup d'eau en suspension. En réalité tous les essais exécutés dans ces derniers temps sur le degré d'humidité de la vapeur — observations compliquées et difficiles — semblent prouver la quantité insignifiante d'eau entraînée par la vapeur, même dans les cas de chaudières tubulaires. Ainsi d'après les expériences faites en Allemagne en 1884 avec différentes locomobiles (1), l'eau entraînée a été évaluée à *O*, c'est-à-dire que la vapeur était tout à fait sèche. Dans les expériences faites à la même époque au Creusot avec une machine Corliss (2), on a trouvé 2 0/0 d'eau entraînée. Dans les expériences faites en Amérique, en 1884, avec la machine

(1) Voir l'article de Shotte dans « Civil ingénieur » 1884, livraison 4-5.
(2) Voir l'article de Delafond dans les *Annales des Mines*, 8e série, T. VI, page 197.

du bateau à vapeur « *City of Fall River* » avec le concours du professeur Thurston, la moyenne de la quantité d'eau entraînée a été trouvée de 1,7 0/0 et de 0,7 0/0, les proportions extrêmes étant 1,5 0/0 et + 5;4 0/0 (1), etc.

Il faut en outre prendre en considération que la locomotive expérimentée, donnant un travail comparativement faible, dépensait peu de vapeur; par suite, l'eau dans la chaudière pouvait se vaporiser tranquillement, ce qui évidemment devait avoir une influence sur la petite quantité d'eau entraînée.

On avait essayé aussi d'évaluer ce degré d'humidité par une méthode plus directe : à cet effet on laissait passer la vapeur directement de la chaudière dans la cuve inférieure dans laquelle s'écoulait l'eau froide du réservoir supérieur et on laissait l'eau chaude s'écouler de cette cuve, comme il a été décrit plus haut.

L'augmentation de la température de l'eau permettait de calculer la quantité de chaleur amenée par la vapeur et la quantité d'eau entraînée. Malheureusement ces essais, probablement à cause d'erreurs d'observation ou de manque de précautions nécessaires, n'ont conduit à aucun résultat satisfaisant, ce qui a été remarqué trop tard, quand toute la série d'expériences entreprises touchait à sa fin et qu'il était difficile de recommencer les essais.

Les colonnes 19, 20, 21 donnent, pour chaque expérience, la consommation de vapeur humide par heure et par cheval absolu et indiqué. Les données de ces colonnes indiquent pour tous les 35 essais sans exception une consommation moindre pour les cas de l'enveloppe fonctionnante; ce résultat s'est exprimé d'une manière si frappante, que même chaque essai, pris séparément, donnait, s'il était fait avec des enveloppes fonctionnantes, une consommation moindre que chaque essai fait sans enveloppes; le seul essai N° 2 semble faire exception, mais, comme nous l'avons déjà dit dans la colonne d'observation, cet essai ne mérite pas une grande confiance à cause de fuites des fonds du cylindre qui s'étaient produites pendant l'expérience même.

L'utilité des enveloppes de vapeur dans la machine locomotive essayée travaillant dans les conditions avec lesquelles les expériences ont eu lieu a donc été complètement démontrée.

(1) Chroniques de la Société des Ingénieurs Civils, février et mars 1885.

La consommation totale de vapeur par cheval indiqué (colonne 21) était de :

Deuxième cran de distribution. Admission environ 30 0/0.

CATÉGORIE DE DISTRIBUTION N° I.

	Sans enveloppes.	Avec des enveloppes fonctionnantes.
	$15^{kgr}67$	$14^{kgr}87$
	14 58	12 56
Moyenne..	$15^{kgr}12$	$13^{kgr}72$

CATÉGORIE DE DISTRIBUTION N° II

	Sans enveloppes.	Avec des enveloppes fonctionnantes.
	$14^{kgr}45$	$12^{kgr}81$
		13 84
	14 35	12 88
		13 64
	14 05	13 05
Moyenne..	$14^{kgr}28$	$13^{kgr}24$

	DISTRIBUTION N° III.	DISTRIBUTION N° IV.
	$15^{kgr}71$	$13^{kgr}18$
	15 06	12 57
Moyenne..	$15^{kgr}38$	$12^{kgr}87$

DISTRIBUTION N° V.

	$14^{kgr}84$	$12^{kgr}96$
	15 15	13 68
	15 86	13 60
	14 48	12 29
	15 89	13 10
	15 58	
Moyenne..	$15^{kgr}30$ (1)	$13^{kgr}13$

(1) On n'a pas tenu compte ici de l'expérience N° 28 par suite d'une consommation de vapeur anormale de 17.45 par cheval; si l'on veut en tenir compte, au lieu de la moyenne pour les essais sans enveloppes de 15.30, on aura 15.60.

Premier cran. Admission environ 20 0/0.

DISTRIBUTION N° VI.

	Sans enveloppes	Avec des enveloppes fonctionnantes.
	—	—
	14kgr 15	
	11 47	12kgr 95
Moyenne..	14kgr 31	12kgr 95

DISTRIBUTION N° VII.

	15kgr 28	11kgr 37
	14 45	11 71
Moyenne..	14kgr 86	11kgr 54

En groupant tous ces résultats moyens on obtiendra :

DEUXIÈME CRAN.

	Sans enveloppes.	Avec des enveloppes fonctionnantes.
	—	—
DISTRIBUTION N° I	15kgr 12	13kgr 72
— II	14 28	13 24
— III	15 38	—
— IV	—	12 53
— V	15 30	12 67
Moyenne.	15kgr 02	13kgr 04

PREMIER CRAN.

DISTRIBUTION N° VI	14kgr 31	12kgr 95
— VII	14 86	11 54
Moyennes	14kgr 58	12kgr 25

Des tableaux ci-dessus on peut tirer les conclusions suivantes :

1. L'une ou l'autre méthode de réglage de la distribution, soit à la condition de l'égalité d'admission, soit à la condition de l'é-

galité des avances des deux côtés du piston, n'a pas d'influence sensible sur la consommation de vapeur.

2. Les enveloppes fonctionnantes, en cas de marche au 2e cran du secteur de changement de marche correspondant à une admission à 30 0/0 de la course du piston, donnent en moyenne une économie de 12 0/0 et, en cas de marche au 1er cran, correspondant à une admission de 20 0/0, une économie de 16 0/0 sur la consommation de vapeur.

3. La consommation de vapeur par cheval et par heure pour une admission de 20 0/0 (1er cran) est de 3 à 7 1/2 0/0 plus faible que la consommation pour 30 0/0 d'admission (2e cran); cependant il faut remarquer que les expériences au 1er cran ont été faites à une pression plus élevée (à peu près 6,2 atmosphères), tandis que les essais au 2e cran ont eu lieu à la pression d'environ 4,7 atmosphères seulement; la plus haute pression de la vapeur dans la chaudière pouvait donc être la cause de cette économie de consommation.

Analyses des diagrammes d'indicateur

Après s'être convaincu de l'utilité des enveloppes, il est intéressant de rechercher où se trouvent les causes de cet effet et de les expliquer.

Choisissons dans ce but les expériences faites dans les mêmes conditions de distribution, de pression et de vitesse avec et sans fonctionnement des enveloppes et cherchons l'effet produit par les enveloppes sur :

1. La quantité de vapeur condensée dans les cylindres pendant l'admission;

2. Le changement de poids de la vapeur sèche contenue dans le cylindre pendant la détente.

A cet effet de tous les diagrammes relevés pendant un essai on choisit un diagramme pour la partie d'avant du cylindre et un autre pour la partie d'arrière et ces deux diagrammes sont acceptés comme diagrammes-types pour tout l'essai, c'est-à-dire comme représentant le travail moyen de la vapeur pendant un tour de la machine; en faisant le choix des diagrammes-types, on prend ceux qui ont été relevés à une pression dans la chaudière et à une

vitesse plus ou moins égales à la pression et à la vitesse moyenne pour toute la durée de l'essai et qui donnaient une pression moyenne dans le cylindre, différant le moins possible de la pression moyenne pour tout l'essai. Vu le grand nombre de diagrammes qui ont été relevés pendant chaque expérience (de 16 à 44 diagrammes doubles), on pouvait toujours en trouver un qui représentât très approximativement le travail moyen de la vapeur pour toute l'expérience.

L'analyse des diagrammes-types, choisis comme nous venons de l'exposer, se faisait de la manière suivante :

D'après la pression indiquée par le diagramme on calculait le poids de la vapeur sèche dans chaque partie du cylindre (avant et arrière) à la fin de l'admission, à la fin de la détente et à la fin de la compression; de là on déduisait : (*a*) le changement de poids de la vapeur sèche pendant la détente dans chaque partie du cylindre séparément et (*b*) la quantité de vapeur sèche qui était venue pendant l'admission s'ajouter à celle qui stationnait dans les espaces nuisibles — pour les deux parties du cylindre.

En comparant cette dernière quantité avec la consommation de vapeur humide par tour de machine (colonne 13 du tableau A), on obtenait l'augmentation pendant l'admission du poids de l'eau condensée contenue dans le cylindre. Cette augmentation représente la somme des quantités d'eau entraînée dans le cylindre par la vapeur humide de la chaudière et de vapeur condensée dans le cylindre pendant l'admission par suite du contact avec les parois refroidies pendant les périodes de détente et d'échappement.

Quelques éclaircissements sur les détails de ce calcul sont nécessaires.

Pour avoir le poids de la vapeur sèche à la fin de l'admission, on évaluait la pression, non pas au point du diagramme correspondant juste à la fin de l'admission, déterminée pendant le réglage à froid de la distribution, mais au point qui correspondait à une position du piston un peu plus éloignée du commencement de sa course, c'est-à-dire au point où, d'après la forme des diagrammes, on pouvait être sûr de la fin de l'admission. Pareillement pour évaluer la pression à la fin de la détente, on prenait un point sur le diagramme correspondant à une partie de la course

du piston où l'échappement n'était pas encore commencé mais était sur le point de l'être. Ceci avait été fait pour éviter les erreurs plus ou moins grandes qu'on aurait commises si on avait pris sur les diagrammes pour la fin de l'admission et de la détente des points correspondants au moment où l'admission n'était pas encore tout à fait terminée ou bien où l'échappement était déjà commencé.

De même, afin d'évaluer le poids de la vapeur sèche enfermée dans le cylindre à la fin de la période de compression, on prenait sur la courbe de compression du diagramme un point où l'introduction n'était pas encore commencée, mais qui en était bien proche.

Voici un exemple d'analyse d'un diagramme suivant la méthode indiquée :

Parmi les expériences faites avec la 2e catégorie de distribution prenons pour les comparer entre elles l'expérience N° 11 faite avec des enveloppes non fonctionnantes et le N° 10 avec des enveloppes fonctionnantes. Comme on le voit au tableau A, la pression moyenne de la vapeur pour les deux expériences était de 4,81 et 4,82; le nombre moyen de tours par minute était de 103,57 et 99,83 ; c'est-à-dire que ces deux expériences ont été exécutées dans des circonstances semblables et peuvent par conséquent être comparées et servir à trouver l'influence des enveloppes de vapeur.

A. — Essai N. 11 avec des enveloppes non fonctionnantes

Le diagramme N 22 pour la partie d'avant et N 11 pour la partie d'arrière sont choisis comme diagrammes-types pour tout l'essai (1).

Sur la fig. 10³, pl. 128 se trouvent à l'échelle de 1/2 tous les diagrammes-types des essais *NN* 10 et 11; les diagrammes de l'expérience *N* 11 sont indiqués en lignes pleines, et ceux de l'expérience *N* 10 en lignes pointillées.

(1) Tous les diagrammes relevés sur les locomotives A 22, A 21 et sur le petit cylindre de la locomotive compound A 7, sont à l'échelle pour les ordonnées de 1 pouce anglais par 40 livres anglaises de pression par pouce carré.

1. — Analyse du diagramme d'arrière N° 11.

Prenons sur ce diagramme le point *a*, placé à 0.38 pour cent de la course du piston ou à $0^m,228$ du point de départ du piston, comme point où l'admission est certainement terminée et qui en même temps n'est pas loin de ce moment. La pression absolue à ce point, mesurée sur le diagramme, sera de 3.68 atmosphères. D'après les tableaux de Zeuner, un mètre cube de vapeur à cette pression pèse 2,0624 kgr. Le volume occupé par cette vapeur sera égal à la surface d'arière s_1 du piston, multipliée par 0,228, augmenté par le volume de l'espace nuisible en arrière, évalué à 8 0/0 du volume engendré par le piston ; vu que la course du piston est égale à $0^m,60$, ce dernier volume peut être représenté par :

$$s_1 \times 0,048$$

le volume total de la vapeur en *a* sera donc :

$$s_1 \; (0,228 + 0,048) = s_1 \times 0,276$$

et le poids S_1 de la vapeur sèche dans cette position du piston sera :

$$S_1 = 2,0624 \times 0,276 \; s_1 = 0,5692 \; s_1$$

De même pour le point α, se trouvant placé au commencement de l'échappement et à une distance du point de départ du piston de 80 0/0 de la course, ou 0^m480, la pression absolue de la vapeur équivaut à 2 atmosphères, ce qui correspond au poids d'un mètre cube de vapeur $=$ 1,1631. Il en résulte que pour cette position du piston le poids de la vapeur sèche enfermée dans le cylindre sera :

$$S_2 = 1,1631 \times (0,480 + 0,048) \; S_1 = 0,6141 \; s_1$$

En comparant les deux valeurs S_1 et S_2, nous voyons qu'à la fin de la détente le cylindre contient 8 0/0 de plus de vapeur sèche qu'au commencement de la détente, cette augmentation provenant de l'évaporation de l'eau contenue dans la vapeur au commencement de la détente.

Pour le point *b* correspondant à peu près à la fin de la période de compression et éloigné du point mort de 0.02 de la course du piston ou de $0^m,12$ la pression de la vapeur comprimée est de 4,27

atmosphères, le poids d'un mètre cube $= 2{,}3714$, le volume occupé par cette vapeur $= (0{,}012 + 0{,}048)\ s_1 = 0{,}06\ s_1$; par conséquent le poids S_3 de la vapeur sèche restée dans le cylindre avant le commencement de l'admission sera :

$$S_3 = 2{,}3714 \times 0{,}06\ s_1 = 0.1423\ s_1$$

Défalquant de S_1 (quantité de vapeur à la fin de l'admission) la valeur S_3 (quantité de vapeur au commencement de l'admission), nous obtenons l'augmentation de poids de la vapeur sèche pendant l'admission.

Prenant en considération que la surface d'arrière du piston $s_1 = {}^{mq},135$ (voir page 279) nous avons :

$$S_1 - S_3 = 0{,}427\ s_1 = 0.427 \times 0.135 = 0.^{k}05765 \ldots\ldots\ (1)$$

2. — *Analyse du diagramme d'avant N° 22.*

Pour le point a_1 correspondant plus ou moins au commencement de la détente et éloigné de $0^m{,}200$ du point de départ du piston nous obtenons :

Pression de la vapeur $= 3{,}18$ atmosphères.
Poids d'un mètre cube de vapeur sèche $= 1{,}7982$ kilogr.
Volume occupé par la vapeur sèche :

$$0{,}200\ s_2 + 0{,}044\ s_2 = 0{,}244\ s_2$$

s_2 représentant la surface d'avant du piston égale à $0^{mq}{,}1385$ (voir page 279) et $0{,}044\ s_2$ — le volume des espaces nuisibles de la partie d'avant du cylindre égal à 7,3 0/0 du volume engendré par le piston.

Le poids S_1 de la vapeur sèche au point a_1 sera donc

$$S_1 = 1{,}7982 \times 0{,}244\ s_2 = 0{,}4388\ s_2$$

Pour le point α_1, correspondant à la fin de la détente et éloigné de $0^m{,}480$ du point de départ du piston nous avons :

Pression $= 1{,}63$ atmosphère;
Poids d'un mètre cube $= 0{,}9597^k$;
Volume : $(0{,}480 + 0{,}044)\ s_2 = 0{,}524\ s_2$;

Poids S_2 de la vapeur sèche au point a_1 :

$$S_2 = 0,9597 \times 0,524\ s_2 = 0,5029\ s_2$$

Comparant S_1 et S_2 on trouve que pendant la période de détente il s'est évaporé 14 1/2 0/0 de la quantité de vapeur sèche existant à la fin de l'admission.

Pour le point b_1 qui correspond plus ou moins à la fin de la compression et éloigné de la fin de la course du piston de $0^m,012$ nous avons :

Pression = 4,27 atmosphères;
Poids d'un mètre cube = 2,3714;
Volume : $(0,012 + 0,044)\ s_2 = 0,056\ s_2$;

Poids S_3 de la vapeur sèche au point b_1 :

$$S_3 = 2.3714 \times 0,056\ s_2 = 0,1328\ s_2$$

L'augmentation du poids de la vapeur sèche pendant l'admission sera donc :

$$S_1 - S_3 = 0,306\ s_2 = 0,306 \times 0,1385 = 0,04238\ldots\ldots \quad (2)$$

La somme des quantités (1) et (2) exprime l'augmentation totale pendant l'admission pour une double course de piston des poids de la vapeur sèche enfermée dans le cylindre, augmentation égale à :

$$0,05765 + 0,04238 = 0,1000 \text{ kil.}$$

En même temps nous remarquons par la colonne 13 du tableau général que dans l'essai N 11 la consommation de la vapeur humide par tour de la machine est de $0^k,1232$, c'est-à-dire 0,0232 kil. de plus que le poids de la vapeur sèche entrée dans le cylindre pendant l'admission. Il est évident que ces 0,0232 kil. ou 19 0/0 de toute la consommation doivent être dans le cylindre à l'état d'eau et représentent l'augmentation pendant l'admission de la quantité d'eau renfermée dans les parties d'avant et d'arrière du cylindre; cette augmentation provient en grande partie de la condensation pendant l'admission et aussi de l'eau entraînée par la vapeur de la chaudière, évaluée d'après la colonne 24 du tableau général à 3,5 0/0 pour cet essai.

La dépense de vapeur par cheval indiqué d'après la colonne 21 a été de 14,05 kil. dans cette expérience.

B. — ESSAI N 10 AVEC DES ENVELOPPES FONCTIONNANTES

Comme diagramme-type pour le côté d'arrière du cylindre prenons le diagramme N 37 et pour l'avant le diagramme N 28 (fig. 10ª. Pl 128).

1. — *Analyse du diagramme d'arrière N° 37.*

Pour le point a' correspondant au commencement de la détente et placé comme dans l'expérience précédente à 0m,228 du point de départ du piston nous avons :

Pression = 3,79 atmosphères;
Poids d'un mètre cube = 2,1202;
Volume = 0,276 s_1.

D'où le poids de la vapeur sèche au point a' :

$$S_1 = 0,5852\ s_1$$

Pour le point a' correspondant à la fin de la détente et placé comme dans l'expérience précédente à 0m,480 du point de départ du piston :

Pression = 1,95 atmosphère;
Poids d'un mètre cube = 2,1202;
Volume: 0,528 s_1;
d'où le poids :

$$S_2 = 0,5998\ s_1$$

Comparant S_2 et S_1 on remarque que le poids de la vapeur sèche pendant la détente dans la partie d'arrière du cylindre s'est augmenté de 2 1/2 0/0 par suite de l'évaporation de l'eau contenue dans le cylindre.

Pour le point b'. correspondant à la fin de la compression et éloigné de la fin de la course du piston, comme dans l'expérience précédente, de 0m,012 :

Pression = 4,37;
Poids d'un mètre cube = 2,4230 s_1;
Volume = 0,06 s_1;

D'où le poids :

$$S_3 = 0,1454\ s_1$$

Par conséquent l'augmentation du poids de la vapeur sèche pendant l'admission sera :

$$S_1 - S_3 = 0,440 \times 0,135 = 0^k,05940 \ldots\ldots (3)$$

2. — Analyse du diagramme d'avant N° 22.

Pour le point a'_1, nous avons :

Pression	3,31
Poids d'un mètre cube	1,867
Volume	0,244 s_1

d'où :

$$S_1 = 0,4555\ s_2.$$

Pour le point α'_1 :

Pression	1,54
Poids d'un mètre cube	0,9097
Volume	0,524 s_2

$$S_2 = 0,4767\ s_2$$

Comparant S_2 avec S_1 on remarque qu'à la fin de la détente la vapeur sèche dans le cylindre s'est augmentée de 5 0/0 comparativement à la quantité de vapeur qui s'y trouvait au commencement de la détente.

Pour le point b'_1 :

Pression	4,54
Poids d'un mètre cube	4,512
Volume	0,056 s_2

d'où :

$$S_3 = 0,1407\ s_2$$

L'augmentation du poids de la vapeur sèche pendant l'admission sera de :

$$S_1 - S_3 = 0,3148 \times 0,1385 = 0,04360 \qquad (4)$$

En additionnant (3) avec (4) on trouve que, pendant l'admission dans les deux parties (d'avant et d'arrière) du cylindre, la quantité de vapeur sèche s'est augmentée de :

$$0,05940 + 0,04360 = 0,1030\ \text{k}^{os}$$

La consommation de vapeur humide pour un tour d'après la colonne 13 pour l'essai N 10 était de 0,1117, c'est-à-dire 0,0087 en plus. Il en résulte que pendant l'admission s'est condensée et a été entraînée par la vapeur (qui d'après la colonne 24 apportait 1.4 p. cent d'eau) une quantité d'eau de 0^k0087 ou 8 p. cent de toute la consommation.

D'après la colonne 15 on voit que, outre la quantité de vapeur absorbée par le travail dans les cylindres, il a été condensé dans l'enveloppe 0,0034 kil. par tour de machine ou à peu près 3 0/0 de toute la consommation.

La consommation totale dans cet essai, d'après la colonne 21 par cheval indiqué, était de 13,05 kil.

En groupant les résultats obtenus des expériences n[os] 10 et 11, on déduit.

	EXPÉRIENCE N° 10 *Sans enveloppes* —	EXPÉRIENCE N° 11 *Avec enveloppes* —
Pendant l'admission à chaque tour de la machine la quantité d'eau liquide dans les cylindres et dans les enveloppes était augmentée de.	19 0/0	8 + 3 = 11 0/0
Pendant la détente il se produisait une vaporisation d'eau contenue dans le cylindre de :		
Pour l'arrière du cylindre. .	8 0/0	2 1/2 0/0
— l'avant — . .	14 1/2 0/0	5 0/0
Dépense de vapeur par cheval indiqué	14,05	13,05

Donc, dans l'expérience N 10, l'enveloppe a produit une économie sur la consommation de vapeur d'à peu près 7 0/0, comparativement à la consommation observée dans l'expérience N 11 sans enveloppe, et cette économie dérive presque exclusivement de la diminution de 8 p. cent. (11 0/0 au lieu de 19 0/0) de la condensation dans l'enveloppe et le cylindre pendant l'admission.

Une partie de cette eau condensée se vaporisait de nouveau pendant la détente et dans l'essai avec enveloppe cette vaporisation était moindre que dans l'essai sans enveloppe, ce qui s'expli-

que peut-être par la plus faible quantité d'eau contenue dans le cylindre dans l'essai avec enveloppe.

De la manière qui vient d'être exposée, on a fait des analyses comparatives des diagrammes moyens de 19 essais et les résultats de ces analyses sont groupés dans le tableau ci-après; les diagrammes-types analysés se trouvent sur la planche 128.

Voici le résultat de ces analyses :

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES COMPARÉES	AVEC OU SANS ENVELOPPE	PRESSION MOYENNE DE LA VAPEUR DANS LA CHAUDIÈRE	NOMBRE MOYEN DE TOURS PAR MINUTE	Quantité d'eau augmentée dans l'intérieur du cylindre pendant l'admission et condensée dans les enveloppes en °/. de la consommation totale pour un tour de la machine.	Quantité d'eau vaporisée pendant la détente, en °/. du poids de la vapeur sèche contenue dans le cylindre à la fin de l'introduction. ARRIÈRE	AVANT	CONSOMMATION PAR CHEVAL INDIQUÉ ET PAR HEURE	PRESSION MOYENNE EN LIVRES ANGLAISES DANS LE CYLINDRE PENDANT UN TOUR DE LA MACHINE.	OBSERVATIONS
		ATMOS.					KILOG.	LIVR.	
13	sans	4,77	96	25 °/.	8 °/.	17 °/.	15,70	18,2	Les enveloppes ont donné une économie de 16 °/. provenant d'une diminution de 15 °/. de la quantité de vapeur condensée.
15	avec	4,75	100	10	7	13	13,18	18,0	
17	sans	4,58	93	22	10	19	14,84	18,2	Les enveloppes ont donné dans les expériences n°s 26 et 25 une économie de 12 et 17 °/. qui provenait d'une diminution de 16 et 13 °/. de la quantité de vapeur condensée et de la pression moyenne plus haute dans l'expérience n° 25.
26	avec	4,62	92	6	0	6	13,10	18,5	
25	—	4,77	95	9	7	13	12,30	20,3	
28	sans	4,31	91	26	15	19	17,41	15,1	Les enveloppes ont donné une économie de 21 °/., provenant d'une diminution de 20 °/. de la quantité de vapeur condensée.
23	avec	4,25	96	6	2	10	13,68	15,1	
PREMIER CRAN									
29	sans	6,20	94	28	18	42	14,15	19,8	L'économie produite par les enveloppes s'explique ici aussi par une diminution de la quantité de vapeur condensée et par la pression moyenne plus haute dans les cylindres.
34	—	6,14	92	36	11	12	15,28	18,9	
31	avec	6,29	93	25	4	11	12,95	20,8	
33	—	6,29	94	23	9	10	11,71	21,5	
32	—	6,31	93	21	11	14	11,37	23,0	

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES COMPARÉES	AVEC OU SANS ENVELOPPE	PRESSION MOYENNE DE LA VAPEUR DANS LA CHAUDIÈRE	NOMBRE MOYEN DE TOURS PAR MINUTE	Quantité d'eau augmentée dans l'intérieur du cylindre pendant l'admission et condensée dans les enveloppes en °/. de la consommation totale pour un tour de la machine.	Quantité d'eau vaporisée pendant la détente, en °/. du poids de la vapeur sèche contenue dans le cylindre à la fin de l'introduction. ARRIÈRE	AVANT	CONSOMMATION PAR CHEVAL INDIQUÉ ET PAR HEURE	PRESSION MOYENNE EN LIVRES ANGLAISES DANS LE CYLINDRE PENDANT UN TOUR DE LA MACHINE.	OBSERVATIONS
		ATMOS.					KILOG.	LIVR.	
DEUXIÈME CRAN									
3	sans	5,21	97	21 °/.	9 °/.	16 °/.	14,58	21,6	Les enveloppes ont produit une économie de 14 °/. sur la consommation de vapeur qui s'explique par la diminution de 8 °/. de la quantité de vapeur condensée pendant l'admission et par la plus haute pression moyenne dans les cylindres.
4	avec	5,39	102	13	4	10	12,56	23,9	
5	sans	5,12	102	23	2	10	14,45	21,9	Les enveloppes ont donné dans l'expérience n° 7 une économie de 4 °/. qui s'explique par la diminution de 2 °/. de la quantité de la vapeur condensée pendant l'admission et par la plus haute pression dans les cylindres. Dans l'expérience n° 8 l'économie était de 10 °/. qui s'explique de même par la diminution de 9 °/. de la quantité de vapeur condensée et la plus haute pression moyenne.
7	avec	5,13	101	21	4	7	13,84	22,8	
8	—	5,17	101	14	0	9	12,88	22,9	
11	sans	4,81	104	19	8	14	14,05	20,5	Les enveloppes ont donné 7 °/. d'économie provenant d'une diminution de 8 °/. de la quantité de vapeur condensée.
10	avec	4,82	100	11	3	5	13,05	21,6	

En observant les résultats de ces tableaux, on trouve que l'effet des enveloppes comprend:

1). Principalement une diminution de la quantité de vapeur condensée pendant l'admission; du degré de cette diminution dépend l'économie sur la consommation; cette conclusion est confirmée par toutes les 19 expériences analysées, et peut être par conséquent admise comme prouvée.

2) La diminution de vaporisation d'eau pendant la détente; ce phénomène se remarque dans chaque essai à quelques exceptions près, surtout dans les essais au 2e cran et plus faiblement dans ceux au 1er cran, c'est-à-dire avec des détentes plus grandes.

3) Une augmentation de pression moyenne au cylindre; ce phénomène dans les expériences au 2e cran n'apparaît pas toujours et en tout cas ce n'est qu'à un faible degré, tandis que dans toutes les expériences au 1er cran il apparaît à un degré plus grand.

Si enfin on observe la courbe de compression et que l'on calcule les poids de la vapeur sèche compris dans le cylindre à différentes positions du piston, on trouve que pendant la compression il se produit une forte condensation et qu'elle est beaucoup plus grande dans les expériences au 1er cran, ce que l'on doit attribuer au plus haut degré de compression et à une plus haute pression finale de la vapeur comprimée. Il semble que cette condensation n'a pas lieu au commencement de la compression, mais qu'elle augmente progressivement jusqu'à la fin de la compression. L'effet des enveloppes sur cette condensation n'a pas pu être remarqué.

Voici quelques exemples de la diminution du poids de la vapeur sèche pendant la compression :

Premier cran.

				POIDS DE LA VAPEUR SÈCHE :	
				EXPÉRIENCE N° 3 diagr. d'arrière.	EXPÉRIENCE N° 20 diag. d'arrière.
				—	—
Le piston se trouvant	à 10 0/0	de sa course	du point mort.	0,200 s	0,182 s
—	5 0/0	—	—	0,189 s	0,170 s
—	2 3/4 0/0	—	—	0,181 s	—
—	0	—	—	0,152 s	0,142 s

Deuxième cran.

				EXPÉRIENCE N° 15 diagr. d'avant.	EXPÉRIENCE N° 13 diagr. d'avant.
				—	—
Le piston se trouvant	à 5 0/0	de sa course	du point mort.	0,136 s	0,140 s
—	2 3/4 0/0	—	—	0,132 s	0,134 s
—	1 1/2	—	—	0,123 s	0,126 s

Dans l'expérience du 16 septembre 1881 (voir plus loin) sur une locomotive ordinaire A. 21 sans enveloppes, avec une pression moyenne un peu plus élevée que dans les expériences de l'année 1882 et égale à 6.43 atmosphères au 2e cran, on a trouvé que le poids de la vapeur sèche pendant la compression était :

	DIAGRAMME N° 6. Arrière.	Avant.
Le piston se trouvant à 40 0/0 de la course du point mort.	0,199 s	0,204 s
— 30 0/0 — —	0,191 s	0,191 s
— 20 0/0 — —	0,191 s	0,186 s
— 10 0/0 — —	0,186 s	0,168 s
— 5 2/5 0/0 — —	0,181 s	—
— 2 3/4 0/0 — —	0,165 s	0,136 s
— 1 0/0 — —	—	0,129 s
— 0 0/0 c'est-à-dire au point mort.	0,142 s	—

B. Essais effectués sur une locomotive sans enveloppes dans le courant de l'année 1881.

Ces expériences ont été exécutées, comme les précédentes, sur une locomotive ordinaire A. 21 du même type et de dimensions identiques et qui différait de la locomotive A. 22 seulement en ce que ses cylindres n'étaient pas munis d'enveloppes.

Les vérifications de la consommation d'eau d'alimentation et de l'humidité de la vapeur, quoique faites d'après les méthodes déjà indiquées, n'atteignaient pas encore le degré de précision nécessaire et n'ont pas donné des résultats satisfaisants. Comme pour le reste les essais ont été exécutés de la manière déjà décrite, nous ne donnerons que les résultats des deux essais complets effectués : le 16 septembre 1881, avec le levier de changement de marche au 2e cran, et le 21 juillet 1881, le levier étant au 1er cran.

(a). Essai du 16 septembre, 2e cran.

PRESSION ABSOLUE DANS LA CHAUDIÈRE	NOMBRE MOYEN DE TOURS PAR MINUTE	DURÉE DE L'EXPÉRIENCE	PRESSION MOYENNE AU CYLINDRE		CONSOMMATION DE VAPEUR HUMIDE		TRAVAIL INDIQUÉ MOYEN
			ARRIÈRE	AVANT	PAR TOUR	par heure et cheval indiqué	
ATMOS.		MINUTES	ATMOS.	ATMOS.	KIL.	KILOS.	CHEVAUX
6.43	105.4	75	1.82	1.80	0.1489	13.54	69.5

Faisant l'analyse du diagramme-type de cet essai (Pl. 128), on obtient :

a) Pendant l'admission, la quantité d'eau contenue dans les deux parties du cylindre s'est augmentée de 0,0281 kilos ou de 19 0/0 de la consommation totale.

b) La quantité d'eau vaporisée pendant la détente, comparativement à la quantité de vapeur sèche qui se trouvait dans la partie correspondante du cylindre à la fin de l'admission, était pour l'arrière de 22 0/0 et pour l'avant 16 0/0.

(*b*) Essai du 21 juillet 1881 ; 1er cran.

PRESSION ABSOLUE DANS LA CHAUDIÈRE	NOMBRE MOYEN DE TOURS PAR MINUTE	DURÉE DE L'EXPÉRIENCE	PRESSION MOYENNE AU CYLINDRE		CONSOMMATION DE VAPEUR HUMIDE		TRAVAIL INDIQUÉ MOYEN
			ARRIÈRE	AVANT	PAR TOUR	par heure et cheval indiqué	
ATMOS.		MINUTES	ATMOS.	ATMOS.	KIL.	KILOS.	CHEVAUX
7.22	96.9	151	1.65	1.81	0.1497	13.77	63.3

En analysant le diagramme-type de cet essai (Pl. 128), on obtient :

a) Pendant l'admission la quantité d'eau contenue dans le cylindre s'est augmentée de 0,0596 kil., ou de 40 0/0 de la consommation totale par tour.

b) La quantité d'eau vaporisée pendant la détente était pour l'arrière de 20 0/0 et pour l'avant de 15 0/0 de la quantité de vapeur sèche enfermée dans la partie correspondante du cylindre à la fin de l'admission.

Comparant ces essais avec ceux qui ont été faits sans enveloppes en 1882 avec différentes locomotives d'une même série, on remarque que les résultats obtenus sont en général les mêmes et que les conclusions tirées des essais de 1882 se trouvent confirmées par les essais de 1881 : la quantité de vapeur condensée pendant l'admission était la même dans ces deux séries d'essais et cette quantité était toujours plus grande au 1er cran qu'au 2e. Dans les expériences de 1881 une plus grande quantité d'eau se

vaporisait pendant la détente; mais aussi est-il nécessaire de remarquer que les essais de 1881 avaient été exécutés avec de plus fortes pressions dans la chaudière (6,4 et 7,2 atmosphères) que celles de 1882 (4,2 — 5,3 et 6,1 — 6,3 atmosphères) et que, par conséquent, les conditions du travail de la vapeur étaient autres. Cette plus haute pression dans la chaudière, ainsi que la forme plus régulière des diagrammes, ont eu une part sensible dans la diminution de consommation par cheval dans les expériences de 1881 : cependant cette diminution n'est pas aussi considérable que celle qui a été obtenue *avec les enveloppes* dans les essais de 1882 : donc l'effet utile des enveloppes est encore confirmé par les expériences de 1881.

Il est également intéressant de signaler que la marche au 1er cran avec une forte détente dans les essais de 1881 n'est pas plus économique que la marche au 2e cran avec une détente plus faible.

Ce résultat s'accorde avec la 3e conclusion des expériences de 1882 (voir page 286); effectivement les essais de 1882 ont donné une légère économie de 3 à 6 0/0 en passant du 2e cran (30 0/0 d'admission) au 1er cran (20 0/0 d'admission), ce qui, on le supposait, provenait d'une augmentation de pression dans la chaudière de 4,7 à 6,2 atmosphères; dans les essais de 1881 cette augmentation de pression, en passant du 2e cran au 1er, était beaucoup plus faible (de 6,4 à 7,2 atmosphères); aussi pour le 1er cran n'a-t-on pas obtenu d'économie dans la consommation de vapeur, ce qui s'explique par une plus grande condensation pendant l'admission pour les grandes détentes.

Si nous passons du travail indiqué au travail effectif, alors, vu la partie constante des frottements intérieurs de la machine, on comprendra facilement que la consommation de vapeur par cheval effectif au 1er cran, c'est-à-dire avec une admission plus faible, sera plus grande qu'au 2e cran. De là la conclusion : *que les cylindres de trop grandes dimensions sont nuisibles à l'économie de consommation.*

C. Essais effectués sur la locomotive compound A. 7 dans le courant de l'année 1881

Ces essais ont été effectués avec la locomotive Cail transformée en Compound d'après les plans fournis par M. A. Mallet. Le diamètre du petit cylindre était resté le même, c'est-à-dire de 420 m/m, et celui du grand cylindre avait été porté à 600 m/m, de façon que le rapport des surfaces des pistons était à très peu près comme 1 à 2 (exactement 2,04); la course du piston n'avait pas été changée, mais la distribution avait été disposée de façon que l'on pouvait à volonté obtenir des introductions différentes pour chaque cylindre (1). Les tiroirs avaient un recouvrement extérieur de 25 m/m; quant au recouvrement intérieur du tiroir du petit cylindre, il avait une valeur négative de 3,5 m/m afin d'éviter une compression trop forte.

Les deux cylindres, ainsi que leurs fonds, étaient munis d'enveloppes de vapeur, comme dans la locomotive A. 22.

Les essais se faisaient avec deux cylindres fonctionnants, mais avec de petites admissions et à de faibles pressions dans la chaudière, pour correspondre à un travail indiqué de 75 à 93 chevaux.

La marche des expériences et les vérifications à l'aide du condenseur étaient les mêmes que dans les expériences de 1882.

Les résultats obtenus avec des enveloppes non fonctionnantes sont groupés dans le tableau suivant :

(1) Les dessins et la description de cette machine ont été publiés dans le Bulletin de mai 1885 de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, à la suite d'un rappo de Henri Tresca.

DATES DES EXPÉRIENCES	DISTRIBUTION		PRESSION MOYENNE ABSOLUE DANS LA CHAUDIÈRE.	NOMBRE MOYEN DE TOURS PAR MINUTE	DURÉE DE L'EXPÉRIENCE	PRESSION MOYENNE AUX CYLINDRES		CONSOMMATION DE VAPEUR HUMIDE		TRAVAIL INDIQUÉ MOYEN.
	PETIT CYLINDRE NUMÉROS DES CRANS	GRAND CYLINDRE ADMISSION EN POUR CENT DE LA COURSE DU PISTON				PETIT	GRAND	PAR TOUR DE MACHINE	PAR CHEVAL INDIQUÉ ET HEURE	
			ATMOS.		MINUTES	ATMOS.	ATMOS.	KILOS.	KILOS.	
7 novembre matin..	1	60 °/o	7,75	94,2	147	1,47	0,46	0,1714	11,19	87,0
7 novembre soir. . .	1	60 °/o	7,62	94,5	150	1,40	0,49	0,1743	11,42	86,6
9 novembre.	2	46 °/o	8,91	97,1	190	1,36	0,57	0,1603	10,02	93,2

Les expériences avec enveloppes fonctionnantes n'ont pas réussi et ont donné des consommations très variables et assez fortes comparativement à celles des essais sans enveloppes. Ces résultats inattendus peuvent être attribués, soit à l'absence de circulation de la vapeur dans les enveloppes dormantes, soit à la mauvaise évacuation de l'eau condensée, soit enfin à d'autres défauts de construction de l'enveloppe.

Les deux essais du 7 novembre ont été vérifiés d'après la méthode calorimétrique déjà décrite. Le degré de l'humidité de la vapeur a été évalué pour le premier essai à 6.7 °/₀ et pour le second à 5, 8 °/₀ ; une partie de cette eau entraînée doit être attribuée au refroidissement extérieur des tuyaux de vapeur, de la boîte de démarrage, etc. Comme dans ces expériences les *deux* cylindres fonctionnaient, la surface de refroidissement était donc plus considérable que dans les essais avec la locomotive A. 22, travaillant avec un seul cylindre ; ceci explique la plus grande quantité d'eau entraînée trouvée dans les essais avec la machine compound, et l'on peut admettre que, pour ces expériences, le degré d'humidité de la vapeur sortant de la chaudière était, à peu près, le même que celui qui était trouvé un an après en 1882 pendant les essais avec la locomotive A. 22, décrits plus haut.

Ainsi les résultats des deux expériences du 7 novembre, d'accord entre eux, méritent pleine confiance. On ne peut pas dire la même chose de l'expérience du 9 novembre, qui a été exécutée sans vérification calorimétrique, dont beaucoup de diagrammes étaient manqués par la faute de l'indicateur, de sorte que le travail moyen de la machine n'était déterminé qu'approximativement; c'est pourquoi on ne peut pas se fier aux résultats de cet essai, surtout si l'on prend en considération la très faible consommation que cet essai a donné.

Les diagrammes-types de la première expérience du 7 novembre sont indiqués planche 129 à une échelle réduite à 1/2. Il est nécessaire de remarquer que les ordonnées des diagrammes du petit cylindre ont une échelle deux fois plus grande que celles des ordonnées des diagrammes du grand cylindre, car ces diagrammes ont été relevés à dessein avec deux ressorts d'élasticité différente : les ordonnées des diagrammes du petit cylindre, comme celles de tous les autres

diagrammes, étaient à l'échelle de 40 livres anglaises par pouce anglais, et les ordonnées des diagrammes du grand cylindre à l'échelle de 20 livres par pouce.

Comme la position du levier de changement de marche au premier cran correspondait à une admission à l'avant du petit cylindre de 32 °/₀ de la course et à l'arrière de 25 °/₀, et comme le volume du grand cylindre était double de celui du petit, le degré de détente apparente dans ces expériences était égal, à très peu près, à 7 fois. Les essais avec la locomotive compound ont été donc faits avec une détente plus grande et avec une pression dans la chaudière un peu plus élevée.

Comparant néanmoins les résultats des essais du 7 novembre avec ceux des expériences des 21 juillet et 16 septembre 1881 avec la locomotive ordinaire A. 21, comme exécutées avec une pression de vapeur à peu près égale, nous trouvons une économie de 17 °/₀ sur la consommation de vapeur pour la locomotive compound.

DEUXIÈME PARTIE

Expériences faites avec des trains d'essai (*).

ORGANISATION DES EXPÉRIENCES

Quand il s'agit de l'utilité comparative apportée par la machine compound relativement à la machine ordinaire, nous devons avant tout examiner avec quelles conditions de travail de l'une et l'autre machine la comparaison doit avoir lieu : l'une et l'autre machine pouvant travailler à différentes pressions de vapeur à la chaudière, à des vitesses différentes, avec des différents degrés de détente, etc. En admettant, par exemple, que les deux machines compound et ordinaire prennent de la vapeur à la même chaudière, on peut se poser la question sur l'utilisation comparative de la vapeur fonctionnant suivant l'un et l'autre systèmes, à un degré de détente déterminé, ou bien sur le travail comparatif développé par l'une ou l'autre machine, avec la même dépense de vapeur dans l'unité de temps. Admettant, au contraire,

(*) Cette partie est rédigée par M. L. Lœvy, ingénieur adjoint de l'ingénieur en chef des chemins de fer du Sud-Ouest, qui a exécuté tous les essais et à qui appartiennent les méthodes de calcul décrites dans cette partie.

qu'un train déterminé doit être transporté d'une station à l'autre dans un temps donné, sur une voie d'un profil donné, on se donne une question concernant la dépense de vapeur pour accomplir le même travail dans le même temps par l'une ou l'autre machine. Considérant en outre que chaque locomotive est munie de sa propre chaudière et que la valeur relative de chaque locomotive dépend non seulement du fonctionnement de sa machine, mais aussi de celui de sa chaudière, il est nécessaire de comparer les dépenses de combustible pour le même travail. Enfin la liaison existant entre le travail fourni par la vapeur dans le grand et le petit cylindre d'une machine compound fait ressortir ici une question spéciale sur la relation qui existe entre ces quantités.

Vu l'impossibilité de faire à l'atelier d'essais, à cause du manque de frein, des expériences avec de hautes pressions et grandes admissions, nous avons entrepris pendant l'été de 1883 une série d'expériences avec des trains d'essai, pendant lesquelles les mêmes locomotives compound A. 7 et ordinaire A. 22 travaillaient alternativement avec et sans enveloppes à tous les degrés de détente possible et avec des pressions de 9 à 10 atm. Afin de placer la locomotive autant que possible dans les conditions du travail journalier, on a choisi pour trains d'essai des trains réguliers mixtes et de marchandises, marchant sur la section de Kieff à Fastoff, d'une longueur de 62 verstes. Chaque expérience était faite deux fois : l'une avec des enveloppes fonctionnantes, et l'autre sans enveloppes. De cette façon, les expériences décrites ci-après se divisent en 4 groupes :

(*a*). Locomotive ordinaire avec des enveloppes non fonctionnantes.
(*b*). — avec des enveloppes fonctionnantes.
(*c*). Locomotive compound sans enveloppes.
(*d*). — avec enveloppes.

Chaque locomotive, avant d'entreprendre les trains d'essai, avait été visitée et réparée avec une attention spéciale, afin d'éviter des accidents, qui auraient pu avoir des influences sur la bonne marche des expériences. Les tenders de ces locomotives avaient été munis de deux tubes de niveau d'eau gradués, fixés sur les côtés longitudinaux des caisses à eau, dont le volume avait été préalablement vérifié avec une grande précision.

Le tube de niveau d'eau avait été remplacé par l'appareil fig. 9. Pour recueillir l'eau perdue par les injecteurs, on avait adapté aux robinets d'air de chaque injecteur une petite cuve d'un volume déterminé et connu.

L'eau condensée dans les enveloppes était évacuée à l'aide de l'appareil, fig. 8_a, dans une bâche jaugée placée sous la locomotive et munie d'un tube de niveau d'eau.

Chaque locomotive était munie d'un compteur de tours, installé de façon que l'on pût sans difficulté voir ses indications dans l'abri du mécanicien, et d'un tachophore, système Klose, qui inscrivait automatiquement sur une bande de papier sans fin, pendant tout le temps de l'essai, la vitesse de la locomotive à chaque instant.

Chaque cylindre était muni d'un indicateur et d'un siège placé convenablement pour l'observateur qui relevait les diagrammes. Les enveloppes portaient des manomètres ayant pour but d'indiquer la pression dans l'enveloppe des cylindres au moment de la prise des diagrammes et de vérifier, pendant les essais avec des enveloppes non fonctionnantes, l'étanchéité des enveloppes.

Pour faciliter et accélérer le changement des bandes de papier sur les tambours des indicateurs, chaque expérimentateur qui relevait les diagrammes avait un aide chargé de recueillir les diagrammes relevés et de renouveler les papiers sur les tambours des indicateurs. Les diagrammes et les papiers étaient passés des expérimentateurs aux aides, et réciproquement, à l'aide d'une petite transmission à ficelle.

Avant de commencer les essais, nous avons mesuré les ouvertures du régulateur, celles des valves d'échappement ainsi que les espaces nuisibles des cylindres de chaque locomotive. De même les manomètres des locomotives avant les essais avaient été vérifiés à l'aide du manomètre à mercure.

Enfin, vu la nécessité d'obtenir une admission déterminée dans les cylindres, on a réglé la distribution avant chaque essai. Les dimensions des machines et les éléments de distribution se trouvent groupés dans les tableaux 1 et 3.

TABLEAU N° 1.

		LOCOMOTIVE A 22 (ordinaire)	LOCOMOTIVE A 7 (Compound)
1	Diamètre du cylindre de gauche	420 m/m	420 m/m
2	— — droite	420 m/m	600 m/m
3	Course des pistons	600 m/m	600 m/m
4	Diamètre de la tige du piston du cylindre de gauche.	65 m/m	58 m/m
5	— — — — droite.	65 m/m	70 m/m
6	Espace nuisible en °/° du volume décrit par les pistons.* — cylindre de gauche avant	10,0 °/°	10,2 °/°
7	— — — arrière	7,0 °/°	9,4 °/°
8	— droite avant	8,0 °/°	7,7 °/°
9	— — arrière	7,6 °/°	5,8 °/°
10	Avance angulaire des excentriques	8°,5	8°,5
11	Grandeur de l'excentricité	75 m/m	75 m/m
12	Système des coulisses	Stéphenson.	
13	Recouvrement extérieur des tiroirs — du cylindre de gauche.	24 m/m	24 m/m
14	— — — droite..	25,5 m/m	24,5 m/m
15	Recouvrement intérieur des tiroirs — — gauche.	2 m/m	— 3 m/m
16	— — droite..	1,5 m/m	1,5 m/m
17	Volume du receiver (non compris la boîte à vapeur du grand cylindre)	—	38,487 décim. c.
18	Rapport du volume du receiver au volume du petit cylindre.	—	0,45
19	Diamètre des roues motrices	1700 m/m	1700 m/m
20	Nombre d'essieux accouplés.	2	2
21	Nombre des essieux	3	3
22	Surface de chauffe. — Foyer.	8,3 m.c.	8,3 m.c.
23	— Tubes	113,4	113,4
24	— Totale	121,7	121,7

* Pour la partie d'arrière du cylindre ce volume est diminué par suite du volume de la tige du piston.

TABLEAU N° 3.

TYPE ET NUMÉROS DES LOCOMOTIVES.	POSITION DU LEVIER DE CHANGEMENT DE MARCHE (CRAN DU SECTEUR).	CYLINDRE DE DROITE — AVANT: ADMISSION EN °/° DE LA COURSE DU PISTON	AVANT: AVANCE LINÉAIRE POUR L'ADMISSION EN m/m.	AVANT: OUVERTURE MAXIMA DES LUMIÈRES EN m/m	ARRIÈRE: ADMISSION EN °/° DE LA COURSE DU PISTON	ARRIÈRE: AVANCE LINÉAIRE POUR L'ADMISSION EN m/m.	ARRIÈRE: OUVERTURE MAXIMA DES LUMIÈRES EN m/m	COURSE DU TIROIR EN m/m.
A 22 (ORDINAIRE).	1	21,8	?	8,4	21,5	?	3,3	?
	1	19,0	6,5	6,6	19,8	1,8	2,3	59,5
	2	28,8	7,1	8,4	28,0	1,0	3,25	62
	3	37,7	6,6	9,4	38,5	0,25	6,3	67
	5	54,2	5,1	11,1	53,8	0,75	12,75	75
	7	64,3	2,1	13,6	64,5	1,0	20,0	84
	11	78,5	—0,1	18,9	73,2	—0,75	27,25	97
	GRAND CYLINDRE							
A 7 (COMPOUND).	73	67,2	3,5	16	67,2	5,25	25,75	92
	»	»	»	»	»	»	»	»
	»	»	»	»	»	»	»	»
	»	»	»	»	»	»	»	»
	70	64,8	4,75	15,25	65,0	4,75	23,5	89
	»	»	»	»	»	»	»	»
	»	»	»	»	»	»	»	»
	»	»	»	»	»	»	»	»
	60	57,7	6,25	14,25	57,8	4,75	18	82,5
	»	»	»	»	»	»	»	»
	»	»	»	»	»	»	»	»
	50	49,8	8	13,75	49,8	4,25	13,75	78,5
	»	»	»	»	»	»	»	»
	»	»	»	»	»	»	»	»

TABLEAU N° 3 (*bis*).

TYPE ET NUMÉROS DES LOCOMOTIVES.	CRAN DU SECTEUR DU LEVIER DE CHANGEMENT DE MARCHE	CYLINDRE DE GAUCHE — AVANT — ADMISSION EN °/° DE LA COURSE DU PISTON	AVANCE LINÉAIRE POUR L'ADMISSION EN m/m.	OUVERTURE MAXIMA DES LUMIÈRES EN m/m	ARRIÈRE — ADMISSION EN °/° DE LA COURSE DU PISTON	AVANCE LINÉAIRE POUR L'ADMISSION EN m/m.	OUVERTURE MAXIMA DES LUMIÈRES EN m/m	COURSE DU TIROIR EN m/m.	NUMÉROS D'ESSAIS EFFECTUÉS
A 22 (ORDINAIRE).		22,7	?	7,5	22,3	?	4,5	?	1
		21,7	6,75	7	22,2	1,75	3	60	13,15
		32,3	6,75	8,25	31,7	1,0	4	62,5	16,17
		41,8	6,25	9,25	41,5	0,5	7	67	7,8
		57,0	4,25	11,5	56,8	1,0	13,75	75	9,10
		67,5	1,75	14,5	67,0	1,5	21,25	85	11b 12b
		80,5	—1,50	20,75	74,5	1,5	28	98	11a 12a
	PETIT CYLINDRE								
A 7 (COMPOUND).	1	45,3	7,25	11,25	45,6	1,25	8,5	67,5	13,14
	3	60,7	5,5	14	60,5	1,5	15,5	76,5	15,16
	5	70,5	2,25	15,25	70,5	1	22,5	85	17,18
	7	77,0	—1,5	17,5	76,8	1,25	29,25	94	19,20
	1	40,9	8,25	10,5	40,9	1,5	6,5	65,5	5,6
	3	57,2	6	13,25	57,0	1,25	14	74,5	7,8
	5	68,3	3,25	15,25	68,3	2	22	84,5	9,10
	7	75,2	0,25	17,5	75,3	2	28,5	93	11,12
	1	30,7	8,25	9	30,3	1,5	3,25	60,5	21,22
	4	56,2	6,5	12,5	56,3	1,25	13,5	74	23,24
	7	73,3	1,5	16,25	73,3	0,5	23,5	86,5	25,26
	1	22,5	7,50	8,0	22,2	2,25	2,75	57,5	27,28
	4	49,5	7,25	11,25	49,5	1,5	10	68	29,30
	7	69,0	2,25	14,25	69,3	1,25	20,5	82,5	31,32

MARCHE DES EXPÉRIENCES

Pour que la locomotive pendant toute la durée de l'essai pût travailler à la même position de levier de changement de marche, chaque train d'essai avait été fait à double traction, la locomotive destinée aux essais étant placée la seconde. La locomotive en tête du train devait donner le travail complémentaire nécessaire à la marche régulière du train. Cependant, par suite de particularités du profil de la voie, le travail fourni par la locomotive expérimentée était parfois trop considérable et on était forcé alors d'avoir recours aux freins et même de fermer complètement pendant un certain temps le régulateur.

Six expérimentateurs ont pris part aux essais que nous décrivons ; le premier contrôlait les positions du régulateur et de l'échappement et notait les indications du compteur de tours, afin de savoir à quels tours des roues motrices correspondaient les changements de position du régulateur et de l'échappement ; en outre cet observateur donnait des signaux à l'aide du sifflet pour la prise des diagrammes. Le deuxième expérimentateur devait noter à chaque minute les indications du compteur de tours et ceux du manomètre indiquant la pression dans la chaudière. Deux expérimentateurs assis à l'avant de la locomotive relevaient les diagrammes à chaque signal, et enfin deux observateurs étaient chargés de recueillir les diagrammes et de renouveler les papiers sur les tambours des indicateurs. Un de ces derniers devait à chaque station vérifier le niveau de l'eau dans le tender et dans la chaudière, évaluer la quantité d'eau perdue par les injecteurs et mesurer la quantité de bois consommé.

On apportait à chaque essai une attention spéciale, afin d'obtenir toutes les données qui sont nécessaires pour pouvoir évaluer aussi exactement que possible le travail effectué par la machine pendant chaque trajet, ainsi que les consommations d'eau et de combustible. Pour atteindre ce but, les expérimentateurs notaient pendant la durée de l'essai les indications suivantes :

1° La vitesse du train à l'aide du tachofore Klose qui inscrit automatiquement à chaque instant la vitesse de marche ;

2° Le nombre de tours des roues motrices, d'après le compteur de tours, à chaque minute, à chaque changement de position du régulateur et de l'échappement, à chaque prise de diagrammes, avant le départ et après l'arrivée. De cette façon on obtenait des indications précises sur la relation du nombre de tours effectués avec chaque position du régulateur et de l'échappement, ainsi que sur la position du régulateur et de l'échappement à chaque moment voulu ;

3° La pression dans la chaudière à chaque minute et à chaque prise de diagrammes ;

4° La pression dans les enveloppes ;

5° Le travail de la vapeur dans les cylindres à l'aide des diagrammes relevés par des indicateurs système Rosenkranz des deux côtés du cylindre aussi fréquemment que possible, même quelquefois à chaque minute, selon les changements survenus dans la vitesse, pression, position du régulateur et de l'échappement, etc. ;

6° La consommation de vapeur humide ;

7° La consommation de combustible (bois) ;

8° La quantité d'eau condensée dans les enveloppes.

Malheureusement, par suite de travaux de réparation de la voie, les tubes de niveau d'eau de la bâche qui recueillait l'eau condensée des enveloppes étaient continuellement brisés et l'eau de condensation s'écoulait sur la voie. Pour deux essais seulement on a réussi à évaluer la quantité d'eau condensée par les enveloppes, et dans ce cas même on ne peut pas être certain de l'évacuation complète des enveloppes.

ÉVALUATION DU TRAVAIL DÉVELOPPÉ PENDANT L'ESSAI

Désignant par :

Ω_1 la surface d'avant du piston du cylindre de gauche en cent. carré.
Ω_2 — d'arrière — — —
Ω_3 — d'avant — droite —
Ω_4 — d'arrière — — —
p_1 et p'_1 la pression et contre-pression au cylindre de gauche du côté d'av.
p_2 et p'_2 — — d'arrière
p_3 et p'_3 — au cylindre de droite du côté d'avant
p_4 et p_4 — — d'arrière
l la course du piston en mètres.

Nous avons, pour le travail indiqué F (en kilogrammètres), développé pendant un tour de la machine :

$$F = l\{\Omega_1 (p_1 - p'_1) + \Omega_2 (p_2 - p_2') + \Omega_3 (p'_3 - p'_3) + \Omega_4 (p_4 - p'_4)\}$$

ou désignant :

$$\frac{\Omega_2}{\Omega_1} \text{ par } \alpha, \ \frac{\Omega_3}{\Omega_1} \text{ par } \beta, \ \frac{\Omega_4}{\Omega_3} \text{ par } \gamma :$$

$$F = l\,\Omega_1 \{ p_1 - p'_1 + \alpha (p_2 - p'_2) + \beta [p_3 - p'_3) + \gamma (p_4 - p'_4] \}. \quad (1)$$

Pour la machine A 22 $\Omega_1 = \Omega_3$ et $\beta = 1$ et nous aurons :

$$F = l\,\Omega_1 \{ p_1 - p_1' + p_3 - p'_3 + \alpha (p_2 - p'_2) + \gamma (p_4 - p'_4) \}. \quad (1^a)$$

Si pendant une durée de temps t'' déterminé, la machine travaille dans ces conditions complétement identiques et fait un nombre m de tours, le travail indiqué F′ développé pendant tout ce temps sera donc :

$$F' = m F.$$

Ayant évalué de cette façon le travail F′ pour chaque intervalle de la durée d'essai, on peut déterminer tout le travail T fourni par la locomotive pour toute la durée de l'essai.

$$T = \Sigma F' = l\Omega_1 \Sigma\, m \{ p_1 - p'_1 + \alpha (p_2 - p'_2) + \beta [p_3 - p'_3 + (p_4 - p'_4] \}$$

Comme toutes les valeurs α, β, γ. Ω, l se déduisent directement des dimensions de la machine, pour obtenir la valeur de T, il faudra donc obtenir des diagrammes les valeurs de p, et des données d'observations les grandeurs m.

Pour une même admission, même ouverture du régulateur et même nombre de tours par minute n, la pression moyenne p dans chaque côté de chaque cylindre est une fonction de la pression P de la vapeur dans la chaudière. Admettant, comme première approximation, que la pression p est sensiblement proportionnelle à la pression P dans la chaudière, nous avons

$$p = f(P) = \mu\, P$$

où le coefficient μ (pour la même introduction) dépend de la grandeur de l'ouverture du régulateur et du nombre de tours de la machine.

La même formule peut être admise pour exprimer la contrepression dans le petit cylindre d'une machine compound.

En ce qui concerne la contre-pression aux cylindres de la machine ordinaire, de même qu'au grand cylindre de la machine compound, celle-là ne dépend que très peu de la pression dans la chaudière, mais dépend du nombre de tours par minute et de la position de la valve d'échappement.

Si l'on connaît les pressions et contre-pressions moyennes aux cylindres pour chaque côté de chaque cylindre et le nombre de tours faits avec ces pressions moyennes, on peut évaluer le travail indiqué développé par la machine pendant ce nombre de tours.

Pour donner plus de clarté à l'exposé qui va suivre, nous prenons comme exemple le calcul de l'essai n° 13, fait avec la machine A 7.

Cet essai a été fait avec une admission moyenne constante de 45 % de la course au petit cylindre et de 67, 2 % au grand cylindre. Pendant l'essai, il a été relevé 60 diagrammes sur chaque cylindre, dont 56 paires ont été relevées pendant une ouverture complète du régulateur et 4 diagrammes pendant une ouverture de 1/4. Parmi ces 60 diagrammes, 47 ont été relevés avec les valves d'échappement tout à fait ouvertes, 2 diagrammes ont été relevés avec des valves serrées de 1/8, 7 avec des valves serrées de 1/2 et enfin 4 serrées de 3/4.

A l'aide du planimètre d'Amsler ont été trouvées les pressions et contre-pressions moyennes de chaque diagramme. Les données obtenues de cette façon de tous les 60 diagrammes sont groupées dans le tableau 4, dans lequel en regard des numéros des diagrammes se trouvent les indications sur les positions du régulateur et des valves d'échappement, le nombre de tours par minute au moment où les diagrammes ont été relevés, la pression à la chaudière et les coefficients de proportionnalité pour les pressions aux deux cylindres, ainsi que pour la contre-pression au petit cylindre.

A l'aide de ces données on a tracé des courbes indiquant la loi de variation du coefficient μ avec le nombre *n* de tours par minute pour chaque côté du petit et du grand cylindre.

Les figures 10-15, planche 128, représentent ces courbes pour l'essai 13 et pour les diagrammes relevés le régulateur tout à

fait ouvert. Les courbes fig. 10-11 donnent les valeurs de μ pour les pressions moyennes p_1 et p_2 à l'avant et à l'arrière du petit cylindre; les courbes fig. 12-13, les mêmes valeurs pour les contre-pressions moyennes p_1 et p'_2 à l'avant et à l'arrière du petit cylindre ; les courbes fig. 14-15, les valeurs du coefficient μ pour les pressions moyennes p_3 et p_4 à l'avant et à l'arrière du grand cylindre. Dans toutes ces courbes les abscisses sont proportionnelles au nombre de tours par minute et les ordonnées donnent la valeur de μ en $^0/_0$ de la pression dans la chaudière. A côté des courbes sont marquées avec des points les valeurs de μ prises au tableau 4, et l'on remarque que tous les points s'approchent assez près de ces courbes qui, par conséquent, donnent à peu de chose près la loi de variation de μ avec n.

De la même façon, les courbes fig. 16-17 pl. 128 représentent pour l'essai 13 et pour l'échappement libre la loi de variation de la contre-pression moyenne p' au grand cylindre avec le nombre de tours n.

Ici les abscisses sont proportionnelles aux valeurs de n et les ordonnées donnent les grandeurs de p' en kilogrammes par centimètre carré ; comme on le voit sur les fig. 16, 17, les valeurs de p du tableau 4 se trouvent très près de la courbe.

La comparaison des courbes 10, 11, 14, 15, avec les courbes 12, 13, 16, 17 mène à une conclusion fort intéressante *confirmée par tous les essais sans exception, qu'avec l'augmentation du nombre de tours par minute les pressions moyennes aux cylindres diminuent et les contre-pressions augmentent.*

A l'aide des courbes 10-17, on peut par conséquent pour des valeurs de P et de n connues établir pour chaque tour de la roue motrice les valeurs moyennes de p_1, p_1', p_2, p_2', p_3, p_3'. p_4, p_4', et d'après celles-ci le travail fourni par la machine pendant la durée d'un tour de roue. L'analyse ultérieure de l'essai 13 doit être conduite de façon à évaluer les valeurs de n, P et m nécessaires pour le calcul d'après l'équation (2) du travail total fourni par la locomotive pendant l'essai. La marche consécutive du calcul est indiquée dans le tableau annexé 5.

Comme bases pour trouver les facteurs n et m, on s'est servi de la courbe de la vitesse fournie pendant l'essai par le tachophore Klose, représentée fig. 18 *Pl.* 129 à l'échelle de 1/2. Les abscisses

de cette courbe représentaient le temps à l'échelle de 1 m/m pour une minute et les ordonnées donnent le nombre de tours de la roue motrice par minute. Afin d'établir à l'aide du diagramme du tachophore le tableau des variations de vitesse véritablement survenues pendant l'essai, on agissait de la manière suivante : les abscisses de chaque courbe étaient divisées en parties pas plus grandes qu'un millimètre (correspondant par conséquent à un espace de temps t n'excédant pas une minute), de façon que la partie de la courbe comprise entre deux ordonnées consécutives pouvait être admise comme une droite.

Le nombre n_0 moyen de tours par minute, correspondant à chacun de ces espaces de temps t, peut donc s'exprimer par la moyenne arithmétique des deux ordonnées extrêmes n_1 et n_2 de l'élément de la courbe, ou autrement :

$$n_0 = \frac{n_1 + n_2}{2}$$

Le nombre de tours m exécutés par les roues motrices pendant cet espace de temps t sera donc :

$$m = t\,\frac{n_1 + n_2}{2}$$

dans laquelle t n'excède pas 1^{min}.

Ayant calculé les valeurs de m pour tous les espaces de temps à partir du départ jusqu'à l'arrivée du train à la station suivante, on a trouvé Σm, c'est-à-dire le total des nombres de tours que les roues motrices ont dû faire pendant la marche, si les ordonnées n données par le tachophore répondent complètement à la réalité, ce qui n'avait pas toujours lieu. Par exemple, pour le trajet de Kieff à Jouliane, Σm a eté égal à 2039, tandis que d'après le compteur de tours on a obtenu 2267 tours ; de même pour le trajet de Jouliane à Boiarka $\Sigma m = 1851$ contre 1814; de Boiarka à Wassilkoff, 2499 contre 2560; de Wassilkoff à Motovilowka, 1820 contre 1848 ; de Motovilowka à Fastoff, de 3079 contre 3224 indiqués par le compteur de tours.

Ces différences proviennent des difficultés qui se présentent en mesurant les grandeurs des ordonnées des courbes du tachophore, par suite d'une échelle trop petite. En rapportant les différences trouvées à une unité de temps, l'on trouve que les valeurs données

par les courbes diffèrent des nombres réels de — 6,7, + 1,9, — 2,3, — 1,1, — 3,4 tours par minute. En faisant les corrections, on obtenait les valeurs *n* indiquées en caractères ordinaires dans la colonne 9 du tableau 5 et correspondantes aux espaces de temps indiqués dans les colonnes 1 et 2 du même tableau. Les nombres de tours (colonne 3) obtenus d'après ces valeurs et faits par les roues motrices du commencement à la fin de chaque minute étaient très proches de ceux obtenus par l'observation à chaque minute du compteur de tours pendant la marche. La colonne 3 avec la colonne 9 donnent par conséquent le tableau complet de la vitesse de la locomotive pendant l'essai et peuvent servir pour trouver les facteurs *n* et *m*.

Les colonnes 4, 5, 6, 7 et 8 du tableau 5 donnent les résultats des observations faites pendant la marche. Des colonnes 4 et 6 on remarque que le train a démarré de Kieff avec le régulateur de la machine A 7 fermé *(o)* (le train étant démarré par la locomotive en tête du train). Au deuxième tour de la roue motrice le régulateur fermé de la locomotive A 7 a été ouvert à 1/8, et au quatrième tour il a été ouvert complétement (1). Ensuite le régulateur est resté dans cette position jusqu'au 1935e tour, où il a été fermé par suite de l'entrée à la station de Jouliane.

En comparant les colonnes 4 et 7, on remarque qu'en sortant de la station de Kieff les valves d'échappement étaient serrées à 1/8 et qu'elles sont restées dans cette position jusqu'au 127e tour où elles ont été de nouveau serrées jusqu'à 1/2. Ensuite, au 338e tour les valves ont été desserrées jusqu'à 1/4, puis au 348e tour elles ont été desserrées complètement *(o)*. L'échappement est resté libre jusqu'à l'approche de la station de Jouliane.

La colonne 5 indique que, pendant toute la durée de l'essai avec le régulateur ouvert, le levier de changement de marche était au premier cran pour le petit cylindre et à la 73e division pour le grand cylindre. Tout le trajet a été effectué donc avec une introduction constante dans le petit et dans le grand cylindre. Pendant la marche avec régulateur fermé les deux leviers de changement étaient placés à leurs positions extrêmes correspondant aux divisions 7 — 73.

Dans la colonne 8 en caractères ordinaires est donnée la pression dans la chaudière indiquée par le manomètre au commence-

ment de chaque minute. Les pressions correspondantes aux moments où étaient notées les indications du compteur de tours (col. 4) sont représentées en caractères plus forts. Ces dernières pressions étaient déduites des précédentes, en supposant que la pression dans l'espace d'une minute varie uniformément entre deux observations. Faisant la même supposition, on a évalué les nombres n de tours par minute correspondant aux mêmes moments, représentés dans la colonne 9 en caractères plus forts.

En comparant les colonnes 4, 8 et 9, l'on trouve par exemple que le 127e tour de la roue motrice a été effectué avec une pression absolue dans la chaudière de 10, 8 kilos et à la vitesse de 71 tours par minute.

Comme pour évaluer la vitesse du mouvement d'après la courbe du tachophore, cette courbe a été divisée en parties, que l'on peut considérer comme lignes droites; la vitesse moyenne du mouvement pour un espace de temps correspondant à chaque partie de cette courbe sera représentée par la moyenne arithmétique des vitesses au commencement et à la fin de ces espaces de temps.

Par exemple la vitesse moyenne du mouvement dans l'espace de temps entre le 523e et 569e tour ou bien entre la 10e et la 11e minute est $\frac{48+45}{2}=47$ en chiffres ronds. De la même manière la vitesse moyenne entre les 26e et la 26e,30″ minutes sera $\frac{101+95}{2}=98$ tours.

Les nombres 47 et 98 (colonne 10) représentent par conséquent la vitesse moyenne du mouvement ou bien la valeur n_0 pour les espaces de temps compris entre les 523e et 569e tours, et entre les 1544e et 1594e tours.

Admettant aussi que la pression de la vapeur dans la chaudière variait uniformément entre les deux observations, nous trouverons que la pression moyenne dans la chaudière entre les 523e et 569e tours était des $\frac{10{,}6+10{,}8}{2}=10{,}7$ et entre les 1544e et 1594e tours de $\frac{9{,}6+9{,}6}{2}=9{,}6$ (colonne 11).

Tout le calcul qui suit a été effectué en supposant que le nombre de tours faits par la locomotive entre deux indications consé-

cutives des colonnes 3 et 4 (réunies) avait eu lieu avec une vitesse uniforme donnée par la colonne 10 et avec une pression uniforme dans la chaudière, indiquée dans la colonne 11. Par exemple : les tours entre 348 et 370 sont supposés faits avec une vitesse uniforme de 48 tours par minute et avec une pression uniforme dans la chaudière de 10,8 kilog. Si nous remarquons ensuite que tous ces tours ont été faits, comme on le voit dans le tableau, avec une position du régulateur = 1 et une position des valves d'échappement = *o*, il sera évident que dans ce cas le nombre de tours 370 — 348 = 22 était exécuté dans des conditions identiques, et ce chiffre représente pour cet espace de temps la valeur cherchée de *m*. A la 15ᵉ minute du trajet entre Kieff et Jouliane, la valeur $m =$ 749 — 703 = 46; à la 29ᵉ minute 1851 — 1739 = 112, etc., etc. Ces valeurs de *m* pour tous les espaces de temps de l'essai sont indiquées dans la colonne 12.

Une fois lès valeurs *n* et *m* trouvées, le calcul est continué de la manière suivante :

D'après les courbes 10 — 17 nous obtenons pour une valeur déterminée de *n* la grandeur du coefficient μ pour le côté d'avant et d'arrière de chaque cylindre, ainsi que la grandeur *p* de contre-pression au grand cylindre. Ainsi, par exemple, pour la 29ᵉ minute du trajet de Kieff à Jouliane, le train marchant avec une vitesse moyenne $n = 113$, nous obtenons :

Pour la	pression dans la partie	d'avant du cylindre	de gauche	μ = 70 0/0	(colonne 13)
—	contre-pression	—	—	μ = 41 0/0	(— 15)
—	pression	d'arriere	—	μ = 73 0/0	(— 18)
—	contre-pression	—	—	μ = 42 0/0	(— 20)
—	pression	d'avant	de droite	μ = 24 0/0	(— 25)
—	—	d'arrière	—	μ = 26 0/0	(— 29)
—	contre-pression	d'avant	de droite	p'_3 = 1,35 kᵒ	(— 27)
—	—	d'arrière	—	p'_4 = 1,37 kᵒ	(— 31)

En multipliant les chiffres des colonnes 13, 15, 18, 20, 25, 29, par la pression correspondante de la colonne 11 on obtient les pressions p_1, p_2, p_3, p_4, aux cylindres et les contre-pressions p'_1, p'_2, aux petits cylindres (col. 14, 16, 19, 21, 26 et 30), et de là les chiffres des colonnes $17 = p_1 - p'_1$; $22 = p_2 - p'_2$; $28 = p_3 - p'_3$ et $32 = p_4 - p'_4$.

Comme les surfaces des pistons de la machine A 7 ont les dimensions suivantes :

$\Omega_1 = 1385{,}44$ centimètres carrés.
$\Omega_2 = 1359{,}00$ —
$\Omega_3 = 2827{,}43$ —
$\Omega_4 = 2788{,}94$ —

Nous avons;

$$\frac{\Omega_2}{\Omega_1} = \alpha = 0{,}981 \, ; \; \frac{\Omega_4}{\Omega_3} = \gamma = 0{,}986 \, ; \frac{\Omega_3}{\Omega_1} = \beta = 2{,}04.$$

En multipliant les chiffres de la colonne **22** par la valeur $\alpha = 0{,}981$, nous obtiendrons les chiffres de la colonne $23 = \alpha\,(p_2 - p'_2)$ et la même en multipliant les chiffres de la colonne 32 par la valeur $\gamma = 0{,}086$ nous obtiendrons ceux de la colonne $33 = \gamma\,(p_4 - p'_4)$.

Ensuite :

$$\text{Col. } 24 = \text{col. } 17 + \text{col. } 23 = p_1 - p'_1 + \alpha\,(p_2 - p'_2)$$
$$\text{Col. } 34 = \text{col. } 28 + \text{col. } 33 = p_3 - p'_3 + \gamma\,(p_4 - p_4')$$

et multipliant les valeurs de cette dernière colonne par $\beta = 2{,}04$ nous obtenons la colonne $35 = \beta \,\{ p_3 - p'_3 + \gamma\,(p_4 - p'_4) \}$.

Par l'addition des colonnes 24 et 35 nous trouvons la colonne $36 = \{ p_1 - p'_1 + \alpha\,(p_2 - p'_2) + \beta\,[p_3 - p'_3 + \gamma\,(p_4 - p'_4]\}$.

Puis en multipliant les chiffres de cette dernière colonne par les valeurs correspondantes de m prises dans la colonne 12, nous obtiendrons les chiffres de la colonne.

$37 = m\,\{ p_1 - p'_1 + \alpha\,(p_2 - p'_2) + \beta\,[p_3 - p'_3 + \gamma\,(p_4 - p'_4)]\}$.

En additionnant les chiffres de cette dernière colonne nous trouverons enfin la valeur qui a été indiquée dans la formule (2).

$$\Sigma\, m\,\{ p_1 - p'_1 + \alpha\,(p_2 - p'_2) + \beta\,[p_3 - p'_3 + \gamma\,(p_4 - p'_4)]\}.$$

Pour évaluer le travail T effectué par la locomotive pendant le trajet, il faudra donc suivant la formule (2) multiplier cette somme par $l\,\Omega$, qui dans ce cas est $1385{,}_{44} \times 0{,}6 = 831{,}264$.

Pour l'essai 13 la somme de la colonne 37 étant de $103{,}119{,}_{10}$ le travail total indiqué pour toute la durée de l'essai est représenté par

$$T = 831{,}264 \times 103{,}119{,}_{10} = 85{,}719{,}269 \text{ kilogrammètres.}$$

ÉVALUATION DE LA CONSOMMATION D'EAU ET DE COMBUSTIBLE PAR HEURE ET CHEVAL INDIQUÉ

Désignant par Q la quantité d'eau dépensée par la machine pendant tout le temps de son travail pendant t secondes, nous trouverons que la dépense d'eau par heure $= \frac{Q}{t} \times 3{,}600$ et la dépense d'eau N par cheval-vapeur indiqué et par heure sera :

$$N = \frac{\frac{Q}{t}\,3{,}600}{\frac{T}{75\,t}} = 3{,}600 \times 75 \times \frac{Q}{T}.$$

Représentant ensuite par q le nombre d'unités de poids d'eau évaporée par unité de poids de combustible, nous trouverons que la dépense de combustible par cheval-vapeur indiqué est : $\frac{N}{q}$.

Pour l'essai 13, $Q = 3{,}177$ kil. $q = 4{,}04$, et $F = 85{,}719{,}269$; on a donc :

$$N = 3{,}600 \times 75 \times \frac{3{,}177}{85{,}719{,}269} = 10{,}01 \text{ kil.}$$

$$\frac{N}{q} = \frac{10{,}01}{4{,}04}\; 2{,}48 \text{ kil. de bois.}$$

Les résultats obtenus avec les machines A 22 et A 7 dans les excursions qui ont pu être menées à bonne fin (1) sont groupés dans le tableau 6, suivant l'ordre dans lequel les essais ont eu lieu. Quelques diagrammes sont représentés pl. 129.

Les essais ont été faits, comme on voit au tableau 6, à 6 différentes positions du levier de changement de marche pour la locomotive A 22 et à 14 différentes positions de ce levier pour la machine A 7.

Le degré de détente apparente (en négligeant les espaces nuisibles) correspondant à chaque position du levier de changement

(1) Plusieurs excursions n'ont amené à aucune conclusion à cause de petits accidents ou de non-réussites partielles.

de marche pour l'une et l'autre locomotive est indiqué dans la colonne 4.

Les chiffres donnés pour la locomotive A 7 sont évalués en supposant que la détente a lieu dans un seul cylindre dont le volume est égal à celui du grand cylindre. Si nous désignons par l_1 la course du piston pendant l'admission dans le petit cylindre. par l la course totale des pistons et par u le rapport du volume du grand cylindre à celui du petit, le degré de la détente obtenue sera $= \frac{l}{l_1} u$.

Afin de pouvoir apprécier l'effet du degré de l'ouverture du régulateur sur la perte de pression de la vapeur à son passage dans la boîte à tiroir, on a donné dans la colonne 18 les sections moyennes de l'ouverture du régulateur pour chaque essai. (Ces chiffres ne doivent être acceptés que comme approximatifs, car les sections d'ouverture du régulateur avaient été mesurées à froid.) Des chiffres des colonnes 17 et 18 on a déduit le poids de la vapeur passée par minute par centimètre carré de section d'ouverture du régulateur (colonne 19).

Il est certain que la vapeur dans son passage du régulateur aux cylindres devait diminuer de pression et que ces pertes de charge devaient augmenter avec l'augmentation de vitesse du passage de la vapeur par les ouvertures du régulateur et les lumières du cylindre. Effectivement, en examinant les diagrammes de chaque essai, l'on aperçoit que les changements de position du régulateur ont occasionné de fortes pertes de charge : pendant que la pression moyenne initiale à l'admission dans le petit cylindre de la locomotive A 7 différait de moins de 10 0/0 de la pression moyenne dans la chaudière et en moyenne était de 95 0/0 de cette dernière, la pression moyenne initiale dans les cylindres de la machine A 22 était pour les essais 13 et 17 de 95 0/0, pour les essais 8, 15 et 16 de 93 0/0, pour le 1 de 90 0/0, pour les 9, 10 et 7 de 80 à 74 0/0, pour le 11e de 64 0/0, pour le 14e de 55 0/0, et enfin pour l'essai 12e de 53 0/0 de la pression dans la chaudière. On voit donc d'ici que les essais 13, 17, 8, 15, 16 et 1 de la locomotive A 22 peuvent être seuls comparés avec les essais de la locomotive A 7.

L'examen des chiffres des colonnes 14 et 15 (tabl. 6) indique

des variations sensibles du nombre moyen de tours et de pression à la chaudière dans les différents essais. Les résultats obtenus ne peuvent donc être comparés directement entre eux et exigent un traitement spécial décrit plus loin.

Les chiffres de la colonne 10 indiquent des poids d'eau vaporisée par kilogramme de bois très différents pour différents essais. La principale cause de ces différences consiste dans la difficulté d'apprécier à vue d'œil la quantité de combustible qui se trouvait dans le foyer au commencement et à la fin de chaque essai.

Pour réparer autant que possible cette erreur d'observation, on a déduit la moyenne de tous les essais faits avec chaque locomotive et l'on a trouvé pour la machine A 22 — 3,33 kilog. d'eau évaporée par kilogramme de bois et pour la machine A 7 — 3,82 kil. ; c'est-à-dire que la locomotive compound A 7 vaporisait par kilogramme de bois 14,6 0/0 plus d'eau que la machine A 22 (1). On s'est servi de ces chiffres dans les déductions suivantes.

COMPARAISON DES CONSOMMATIONS D'EAU ET DE COMBUSTIBLE DANS LES LOCOMOTIVES A 7 ET A 22 AUX MÊMES DEGRÉS DE DÉTENTE DE LA VAPEUR

Le tableau 7 représente les résultats des essais suivant l'ordre décroissant du degré de détente.

L'examen de ce tableau indique que, seuls, les essais 1, 13, 15, 16 et 17 faits au 1er et 2e cran avec la locomotive A 22 se trouvent dans les limites de détente employée dans la locomotive A 7. En outre, pour les essais 13, 15, 16 et 17 (machine A 22), on n'a pas d'essais sur la locomotive A 7 effectués avec une détente tout à fait correspondante, de façon que, pour avoir la possibilité de faire des comparaisons d'une manière précise, il est nécessaire de trouver les consommations d'eau et de combustible de la machine A 7 pour des détentes égales à celles qui avaient lieu pendant les essais 13 et 16.

Par suite des causes qui seront décrites plus loin (voir pages 334, 335), les comparaisons n'auront lieu que sur les essais exécutés avec des enveloppes non fonctionnantes. Les essais sans

(1) Une partie de ce résultat au profit de la locomotive A 7 pouvait être attribuée jusqu'à un certain point à la capacité individuelle du chauffeur et à la non-homogénéité des qualités du bois de chauffage.

enveloppes avec la machine A 7 étaient faits avec des pressions moyennes dans la chaudière variant insensiblement et comprises entre 9,50 et 10,40 kilos, c'est-à-dire à peu près dans les mêmes limites qui correspondent aux essais 13, 16 et 1 sur la locomotive A 22. En outre, jugeant d'après les essais 9 et 31 avec la machine A 7 où la variation de pression de 0,3 kilos n'a pas causé d'influence sur la consommation d'eau par heure et cheval indiqué, il semble possible de ne pas donner d'attention aux petites variations de pression dans les essais que nous examinons. Au contraire, la vitesse (le nombre moyen de tours par minute) varie sensiblement entre les locomotives A 7 et A 22. Comparant l'essai 7 avec le 23 et 11 avec 19 effectués sur la machine A 7 avec une pression moyenne à très peu près égale, mais avec un nombre de tours par minute différent, nous trouvons des consommations plus fortes pour des vitesses plus grandes. Par analogie on peut donc admettre que les consommations d'eau de la locomotive A 22 sont moindres que celles qu'on aurait obtenues avec une vitesse moyenne égale à celle des essais sur la machine A 7.

Prenant deux coordonnées rectangulaires (fig. 19 Pl. 129) et rapportant sur l'abscisse les valeurs proportionnelles au degré de détente et sur les ordonnées correspondantes des longueurs proportionnelles aux consommations d'eau par heure et cheval indiqué trouvées pour les essais avec la machine A 7, nous obtiendrons une série de points (marqués sur la fig. 19 avec les numéros des essais) qui se groupent auprès de la courbe tracée dans cette figure. Les points les plus rapprochés de cette courbe sont ceux qui correspondent aux essais exécutés avec une détente de 2,7 à 5,0 fois, c'est-à-dire parmi lesquels se trouvent ceux qui peuvent être comparés avec les essais de la locomotive A 22. La différence maxima entre les données des ordonnées de cette courbe et les résultats directs de l'essai atteint jusqu'à 0,4 kilos (essai 29) et ne dépasse pas par conséquent 4 0/0. Pour les autres points de cette courbe ces différences sont beaucoup plus faibles. La courbe tracée représente donc avec une précision suffisante (de plus de 4 0/0) la loi des variations des consommations d'eau avec le degré de détente pour la machine A 7. Cette courbe correspond à une pression moyenne dans la chaudière de 9,7 kilos à peu près et à un nombre moyen de tours par minute de 90.

Cette courbe nous donne pour une détente de 4,8 fois correspondant à l'essai 13 de la locomotive A 22 une consommation d'eau pour la machine A 7 de 9,9 kilos, et pour une détente de 3,3 correspondant à l'essai 16 de la locomotive A 22, une consommation de 10,5 kilos. Comparant ces chiffres avec les chiffres correspondants des consommations de la locomotive A 22 (pour l'essai 13=12, 7 et pour l'essai 16=12, 1 kilos), on trouve que la machine A 7 en comparaison avec la machine A 22 donne, pour une détente de 4,8 fois, une économie de 22 p. cent et, pour une détente de 3,3 fois, une économie de 13 p. cent sur la consommation de vapeur par cheval indiqué.

Comparant l'essai 13 sur la machine A 7 avec l'essai 1 sur A 22 effectués avec une détente de 4,5 fois, on trouve pour la machine A 7 une économie de 21 p. cent sur la consommation de vapeur.

En continuant à gauche la courbe de la fig. 19 (partie pointillée), nous trouvons approximativement que la consommation d'eau avec une détente de 2,5 fois sera pour la locomotive A 7 de 11,9 k° à peu près. Comparant ce chiffre avec celui de la consommation de l'essai N 7 (13,0 kgr.) de la locomotive A 22, on trouve une économie de 9 p. cent pour la machine A 7.

Passant de la consommation d'eau à la consommation de combustible par heure et cheval indiqué et se rappelant que la locomotive A 22 vaporisait en moyenne 3,33 kil., et la machine A 7 — 3,82 kil. par kilogr. de bois, on trouve pour la machine A 7, en comparaison avec la machine A 22, une économie sur la consommation de combustible de :

pour une détente	de 4,8	fois,	32 0/0
—	de 4,5	—	31 —
—	de 3,3	—	22 —
—	de 2,5	—	20 —

L'examen de toutes ces données amène donc aux conclusions suivantes :

1) Pour une même détente de la vapeur, la consommation d'eau et de combustible par cheval indiqué est moindre dans la locomotive compound que dans la machine ordinaire.

2) L'économie d'eau et de combustible obtenue dans la machine

compound, dans les mêmes conditions de détente, est d'autant plus grande que la détente est plus forte.

3) Pour la détente maxima (4,8 fois) que l'on pouvait obtenir dans la locomotive ordinaire A 22, la machine compound donne une économie de 22 0/0 sur la consommation de vapeur et de 32 0/0 sur la consommation de combustible.

COMPARAISON DU TRAVAIL FOURNI PAR LES LOCOMOTIVES A 7 ET A 22 POUR DES CONSOMMATIONS ÉGALES D'EAU ET DE COMBUSTIBLE.

Afin de pouvoir comparer le travail des locomotives A 7 et A 22 pour des consommations égales d'eau et de combustible, il est nécessaire de choisir une série d'essais faits avec une même pression moyenne dans la chaudière et avec un même nombre moyen de tours par minute. Le tableau N° 8 indique les résultats des essais faits avec des pressions et des nombres de tours moyens à peu près égaux.

TABLEAU N° 8

LOCOMOTIVE A 22 (ORDINAIRE)				
NUMÉROS DES ESSAIS	PRESSION MOYENNE ABSOLUE DANS LA CHAUDIÈRE	NOMBRE MOYEN DE TOURS PAR MINUTE	CONSOMMATION TOTALE D'EAU PAR HEURE	CONSOMMATION D'EAU PAR HEURE ET PAR CHEVAL INDIQUÉ
	KIL.		KILOGS.	KIL.
13	9,60	87	2380	12,67
16	9,60	71	2537	12,14

TABLEAU N° 8 bis.

LOCOMOTIVE A 7 (COMPOUND)				
NUMÉROS DES ESSAIS	PRESSION MOYENNE ABSOLUE DANS LA CHAUDIÈRE	NOMBRE MOYEN DE TOURS PAR MINUTE	CONSOMMATION TOTALE D'EAU PAR HEURE	CONSOMMATION D'EAU PAR HEURE ET PAR CHEVAL INDIQUÉ
	KIL.		KILOGS.	KIL.
29	9,75	84	1695	10,56
23	9,50	85	1964	10,05
17	9,70	88	2662	11,15
11	9,65	90	2907	11,20

En examinant ce tableau on peut remarquer qu'il est impossible de comparer directement entre eux les chiffres qui s'y trouvent, car pas une seule consommation d'eau de la locomotive A 22 n'est identique à celle de la locomotive A 7.

Ici encore on est forcé de recourir au tracé d'une courbe (fig. 21 Pl. 128) représentant pour une pression déterminée dans la chaudière (dans ce cas à peu près 9,6) et une vitesse moyenne d'à peu près 85 tours, la relation qui existe pour la machine A 7 entre la consommation totale d'eau par heure et celle par heure et cheval indiqué.

Pour une comparaison précise on ne peut profiter que de l'essai n° 13 de la locomotive A 22, exécuté dans des conditions presque identiques à celles des essais de la locomotive A 7; les résultats des comparaisons des autres essais ne peuvent être acceptés que comme approximatifs.

L'examen de la courbe (fig. 21) indique que, pour une consommation d'eau par heure de 2380 kilos, la consommation par cheval indiqué de la locomotive A 7 est de 10,7 kilos, tandis qu'elle est de 12,7 kil. pour la locomotive A 22.

La locomotive A 7 donnera donc un travail de $\frac{2,380}{10,7} = 222$

chevaux, tandis que la locomotive A 22 ne fournira que $\frac{2,380}{12,7}=187$ chevaux, c'est-à-dire que, pour une même consommation d'eau, la locomotive A 7 développera un travail de 19 0/0 plus grand que celui de la locomotive A 22.

De la même manière nous trouverons que pour une consommation d'eau par heure égale à celle de l'essai 16 de la locomotive A 22 (2,537 kil.) la locomotive A 7 donnera un travail de 11 0/0 plus grand que celui de la locomotive A 22.

En passant à la consommation de combustible par unité de temps, il faut remarquer que la consommation d'eau de 2,380 kil. par heure dans la locomotive A 22 est équivalente à une consommation de $\frac{2,380}{3,33}=714$ kil. de bois, qui dans la locomotive A 7 peuvent vaporiser $714 \times 3,82 = 2,728$ kil. d'eau.

Comme avec cette dernière consommation d'eau par heure la locomotive A 7 (d'après la courbe de la fig. 21) dépense 11,1 kil. par cheval indiqué, le travail qu'elle fournira sera de $\frac{2,728}{11,1}=246$ chevaux, tandis que la locomotive A 22 avec une consommation de 2,380 kil. fournit seulement 187 chevaux.

Donc pour une même consommation de 714 kil. de bois par heure la machine A 7 développe un travail de 32 0/0 plus considérable que celui de la locomotive A 22.

De même pour une consommation de $\frac{2,537}{3,33} = 761$ kil. de bois par heure la locomotive A 7, produisant $761 \times 3.82 = 2907$ kil. d'eau, fournira un travail total de $\frac{2,907}{11,2} = 259$ chevaux, c'est-à-dire un effet de $100 \times \frac{259 - 209}{209} = 24$ 0/0 plus considérable que celui fourni par la locomotive A 22.

Nous arrivons donc aux conclusions suivantes :

1) Pour une même consommation d'eau et de combustible par heure, le travail de la locomotive compound est plus considérable que celui d'une locomotive ordinaire.

2) Pour une même pression dans la chaudière et une même vitesse, l'augmentation de travail fourni par la locomotive compound comparativement aux locomotives ordinaires diminue à mesure que la consommation générale d'eau et de combustible par heure augmente.

3) Pour une même consommation d'eau de 2400 kilos par heure (avec une pression dans la chaudière de 9,6 et une vitesse de 85 tours par minute), le travail fourni par la locomotive A 7 est de 19 0/0 plus considérable que celui de la locomotive A. 22.

4) Dans les mêmes conditions et pour une consommation égale de combustible de 714 kilos de bois par heure, le travail fourni par la locomotive A 7 est de 32 0/0 plus considérable que celui de la locomotive A 22.

COMPARAISON DES CONSOMMATIONS D'EAU ET DE COMBUSTIBLE AVEC DES QUANTITÉS ÉGALES DE TRAVAIL DÉVELOPPÉ.

Les mêmes essais qui viennent de nous servir peuvent être employés pour faire les comparaisons sur les consommations d'eau et de combustible pour un même travail indiqué. Toutes les données nécessaires de ces essais se trouvent dans le tableau ci-après :

TABLEAU N° 9.

LOCOMOTIVE A 22 (ORDINAIRE).				
NUMÉROS DES ESSAIS	PRESSION MOYENNE ABSOLUE DANS LA CHAUDIÈRE	NOMBRE MOYEN DE TOUR PAR MINUTE	TRAVAIL MOYEN INDIQUÉ	CONSOMMATION D'EAU PAR HEURE ET PAR CHEVAL INDIQUÉ
	KIL.		CHEVAUX	KIL.
13	9,60	87	187	12,67
16	9,60	71	209	12,14

TABLEAU N° 9 bis,

LOCOMOTIVE A 7 (COMPOUND)				
NUMÉROS DES ESSAIS	PRESSION MOYENNE ABSOLUE DANS LA CHAUDIÈRE	NOMBRE MOYEN DE TOURS PAR MINUTE	TRAVAIL MOYEN INDIQUÉ	CONSOMMATION D'EAU PAR HEURE ET PAR CHEVAL INDIQUÉ
	KIL.		CHEVAUX	KIL.
29	9,75	84	160	10,56
23	9,50	85	195	10,05
17	9,70	88	239	11,15
11	9,65	90	259	11,20

Comme il était impossible de comparer directement entre eux les chiffres de ce tableau, on est obligé ici encore de tracer une courbe (fig. 20 Pl. 129.) donnant pour la locomotive A 7 la loi de variation des consommations d'eau par heure et cheval indiqué avec la quantité de travail fourni pour une même pression dans la chaudière (pour ce cas environ 9,6 kilos) et une même vitesse (environ de 85 tours par minute). Seul l'essai 13 de la machine A 22 permet une comparaison précise avec les essais de la locomotive A 7. L'essai 16, effectué avec un nombre de tours plus petit que l'essai précédent, ne peut donner que des valeurs plus ou moins approximatives.

Examinant la courbe fig. 20, on trouve que la locomotive A 7, pour un travail de 187 chevaux indiqués, consomme (dans les conditions énumérées) 10,3 kilos d'eau par heure et cheval. Pour le même travail la locomotive A 22 consomme 12,7 kilos d'eau par heure et cheval, ce qui donne une économie de 19 0/0 en faveur de la machine A 7. De même on trouve, pour un travail de 209 chevaux, une économie sur la consommation d'eau de 13 0/0 en faveur de la machine A 7.

L'économie sur la consommation de combustible pour un tra-

vail de 187 chevaux sera de 29 0/0 et pour un travail de 209 chevaux de 24 0/0.

On conclut donc que :

1) Pour effectuer un même travail, la locomotive compound consomme moins d'eau et de combustible qu'une locomotive ordinaire.

2) Pour une même pression dans la chaudière et une même vitesse, l'économie diminue avec l'augmentation du travail développé.

3) Pour une pression d'environ 9,6 kilos et une vitesse moyenne de 85 tours par minute et un travail total de 190 chevaux, la locomotive compound offre une économie, en comparaison avec une locomotive ordinaire, de 19 0/0 sur la consommation d'eau et de 29 0/0 sur la consommation de combustible.

CORRÉLATION ENTRE LE TRAVAIL DU PETIT ET DU GRAND CYLINDRE DE LA LOCOMOTIVE COMPOUND.

En donnant la description des calculs du travail développé par les machines, il a été dit que, pour chaque essai, il avait été tracé des courbes exprimant approximativement la loi de variation de la pression moyenne dans le cylindre avec le nombre de tours par minute. En se basant sur ces courbes, on a déterminé le travail développé séparément dans chaque cylindre de la locomotive A 7 avec des pressions dans la chaudière de 9,0, 9,5 et 10 kilos et avec des vitesses de 50, 100 et 150 tours par minute.

De cette manière on a déterminé le rapport entre le travail du petit et du grand cylindre séparément pour chaque essai. Les valeurs de ces rapports sont données dans le tableau ci-après :

TABLEAU N° 10.

DEGRÉ D'ADMISSION		DEGRÉ DE DÉTENTE	NUMÉROS D'ORDRE DES ESSAIS	RAPPORT DU TRAVAIL DU PETIT CYLINDRE A CELUI DU GRAND								
				A 9 KILOS de pression absolue			A 9,5 KILOS de pression absolue			A 10 KILOS de pression absolue		
Petit cylindre	Grand cylindre			50 tours par minute	100 tours par minute	150 tours par minute	50 tours par minute	100 tours par minute	150 tours par minute	50 tours par minute	100 tours par minute	150 tours par minute
45.5	67.2	4.5	13	1.41	1.40	1.37	1.31	1.28	1.25	1.22	1.18	1.14
»	»	»	14	0.96	1.18	1.11	0.91	1.09	1.00	0.89	1.05	0.91
60.6	»	3.4	15	0.98	0.93	0.91	0.96	0.87	0.83	0.91	0.85	0.79
»	»	»	16	0.83	0.75	—	0.81	0.72	—	0.78	0.70	—
70.5	»	2.9	17	0.72	0.72	0.67	0.70	0.71	0.64	0.69	0.67	0.61
»	»	»	18	0.70	0.70	0.53	0.67	0.62	0.51	0.67	0.59	0.50
76.9	»	2.7	19	0.56	0.53	0.49	0.55	0.52	0.47	0.54	0.51	0.45
»	»	»	20	0.55	0.47	0.41	0.53	0.45	0.39	0.53	0.45	0.38
40.9	64.9	5.0	5	1.29	1.47	1.31	1.19	1.37	1.17	1.15	1.26	1.17
»	»	»	6	0.99	1.13	1.43	0.94	1.04	1.27	0.91	0.96	1.19
57.1	»	3.6	7	0.94	0.98	0.54	0.89	0.92	0.54	0.85	0.89	0.48
»	»	»	8	0.85	0.80	0.77	0.83	0.78	0.73	0.78	0.74	0.73
68.3	»	3.0	9	0.68	0.65	0.56	0.67	0.62	0.53	0.66	0.61	0.50
»	»	»	10	0.70	0.66	0.38	0.67	0.57	0.36	0.65	0.54	0.35
75.2	»	2.7	11	0.61	0.49	0.34	0.57	0.48	0.33	0.59	0.47	0.32
»	»	»	12	0.53	0.51	0.44	0.51	0.49	0.43	0.51	0.47	0.41
30.5	57.8	6.7	21	1.49	1.50	2.07	1.42	1.32	1.71	1.24	1.32	1.55
»	»	»	22	1.13	1.19	1.41	1.08	1.06	1.15	1.03	1.01	0.98
56.3	»	3.6	23	0.85	0.71	0.51	0.81	0.67	0.49	0.77	0.64	0.46
»	»	»	24	0.63	0.55	—	0.62	0.52	—	0.68	0.50	—
73.3	»	2.8	25	0.56	0.47	0.37	0.54	0.45	0.35	0.54	0.45	0.34
»	»	»	26	0.49	0.37	0.32	0.48	0.35	0.31	0.48	0.35	0.29
49.5	49.8	4.1	29	0.87	0.71	0.53	0.82	0.68	0.49	0.77	0.64	0.45
»	»	»	30	0.75	0.60	0.47	0.71	0.56	0.43	0.68	0.53	0.45
69.2	»	3.0	31	0.45	0.39	—	0.43	0.38	—	0.43	0.35	—
»	»	»	32	0.51	0.36	—	0.49	0.36	—	0.47	0.35	—

De l'examen des chiffres de ce tableau on conclut que :

1) Pour une même pression dans la chaudière et un même nombre de tours, le rapport des valeurs du travail dans le petit et le grand cylindre varie suivant les variations d'admission dans l'un et l'autre cylindre.

2) Pour une même pression dans la chaudière, un même nombre de tours et une même admission au grand cylindre, le travail relatif du petit cylindre diminue à mesure que l'admission au petit cylindre augmente.

Le rapport du travail du petit et du grand cylindre varie, pour une même pression dans la chaudière, avec la vitesse, et pour une même vitesse avec la pression.

Il est donc tout à fait impossible de trouver des combinaisons permanentes d'admission pour les deux cylindres, avec lesquelles le travail développé serait le même dans le petit et le grand cylindre, pour toutes les vitesses et toutes les pressions qui se présentent pendant le service des locomotives.

EFFET DES ENVELOPPES SUR LA CONSOMMATION DE VAPEUR.

Le tableau 7 donne les consommations de vapeur par heure et cheval indiqué trouvées pour les essais sans et avec enveloppes (y compris la consommation de vapeur par les enveloppes).

Comparant les consommations d'eau par heure et cheval indiqué des essais, avec et sans enveloppes, effectués avec des détentes égales, on a évalué les économies produites par les enveloppes dans les colonnes correspondantes du tableau 7, dans lesquelles le signe + indique une économie en faveur des enveloppes et le signe — un surplus de consommation.

L'examen de ces colonnes indique pour la locomotive A 22 avec la plus grande détente de 4,8 fois (premier cran), une économie de 12 0/0 sur la consommation par cheval indiqué en faveur des enveloppes. Avec une détente de 3,3 fois (deuxième cran), l'effet des enveloppes disparaît; avec une détente de 2,5 l'économie donnée par les enveloppes atteint 3 0/0, puis pour des détentes moindres diminue peu à peu jusqu'à zéro et atteint même une valeur négative avec une détente nominale de 1,3 fois.

L'insuccès complet dans les tentatives de l'évaluation de la quantité de vapeur condensée dans les enveloppes, ainsi que l'impossibilité de choisir un diagramme-type représentant avec une précision suffisante le travail moyen de la vapeur dans les cylindres (pour tout l'essai), n'ont pas permis d'évaluer l'effet des enveloppes sur l'état de la vapeur dans les cylindres.

En outre, afin d'éviter des pertes de vapeur par l'appareil d'évacuation des enveloppes, on était obligé d'ouvrir faiblement le robinet de cet appareil, ce qui pouvait occasionner une évacuation défectueuse de l'eau condensée.

Il faut reconnaître, en tout cas, que dans ces essais l'effet des enveloppes de vapeur est beaucoup plus faible que dans ceux exécutés dans l'atelier d'essais. Jusqu'à un certain point cela peut être expliqué par la dépense de vapeur à chaque ouverture du régulateur pour l'échauffement des enveloppes et par la condensation inutile de la vapeur enfermée dans les enveloppes à chaque fermeture du régulateur, pertes qui n'ont pas eu lieu pendant les expériences effectuées dans l'atelier d'essais. L'évacuation probablement défectueuse de l'eau condensée des enveloppes pouvait aussi ne pas être sans influence sur l'effet des enveloppes.

Passant aux essais de la locomotive A 7, il faut avant tout remarquer que la consommation de vapeur dans les essais effectués avec le fonctionnement des enveloppes doit être, jusqu'à un certain point, plus grande que dans les essais sans le fonctionnement de ces enveloppes, par suite de la plus grande vitesse moyenne avec laquelle les premiers essais ont été effectués. Néanmoins les résultats négatifs donnés par les enveloppes ne peuvent pas être contestés. Ce résultat tout à fait inattendu peut, jusqu'à un certain point, être expliqué par les particularités de construction de la locomotive A 7 et par les conditions dans lesquelles la locomotive travaillait.

En première ligne on doit noter la disposition avantageuse du réservoir intermédiaire traversant l'intérieur de la boîte à fumée dont le milieu est constamment chaud et où la température atteint et dépasse même 300° C. La vapeur dans son passage du petit au grand cylindre rencontre de cette façon une nouvelle et forte source de chaleur et s'échauffe (peut-être se surchauffe-t-

elle même), jusqu'à un certain point, et entre dans cet état dans le grand cylindre pour continuer son travail. La machine locomotive se trouve donc dans des conditions plus avantageuses que celles dans lesquelles travaillent les machines fixes compound, dont les receivers ne sont pas ou sont peu échauffés; par conséquent l'effet utile des enveloppes doit être moindre dans une locomotive que dans une machine fixe compound.

En outre, pour une locomotive compound dont les cylindres sont munis d'enveloppes de vapeur pareilles à celles de la locomotive A 7, la perte de vapeur pour échauffer les cylindres et enveloppes à chaque ouverture et fermeture du régulateur sera plus considérable que dans une locomotive ordinaire, vu le grand volume des cylindres et des enveloppes; mais, comme la consommation de vapeur par heure et cheval est moindre dans la locomotive compound, il en résulte que la dépense de vapeur pour le fonctionnement des enveloppes y est relativement plus grande que dans une locomotive ordinaire. Ces circonstances, auxquelles il faut ajouter l'évacuation probablement défectueuse de l'eau de condensation, ont amené aux résultats négatifs donnés par les enveloppes de la machine A 7.

EXPÉRIENCES DE 1881-2 FAITES AVEC LES MACHINES A 22 ET A 7 EN SERVICE.

Antérieurement aux essais décrits ci-dessus, en 1881-2, aussitôt après la transformation de la première locomotive en Compound, on a entrepris une série d'excursions expérimentales avec les locomotives A 22 et A 7. Ces excursions étaient effectuées pendant le service ordinaire de ces machines en tête des trains poste sur la section Kieff-Fastoff-Kasatine (147 verstes). Pendant le trajet la locomotive travaillait à différents degrés d'admission dans les cylindres, et la locomotive A 7 au démarrage faisait quelques tours avec de la vapeur venant directement de la chaudière dans les deux cylindres.

La méthode et l'ordre adoptés dans ces essais ne diffèrent en rien des essais de 1883, qui ont été exécutés avec les mêmes machines.

Les résultats obtenus sont groupés dans le tableau suivant, 11 :

TABLEAU N° 11

NUMÉROS DES LOCOMOTIVES	DATE DES ESSAIS	STATIONS ENTRE LESQUELLES LES ESSAIS ONT EU LIEU	DEGRÉ MOYEN approximatif de détente	PRESSION MOYENNE ABSOLUE DANS LA CHAUDIÈRE	NOMBRE MOYEN DE TOURS PAR MINUTE PENDANT LE TRAVAIL DE LA MACHINE	CONSOMMATION PAR HEURE ET PAR CHEVAL INDIQUÉ — EAU KILOS.	CONSOMMATION PAR HEURE ET PAR CHEVAL INDIQUÉ — BOIS KILOS.	CONSOMMATION MOYENNE PAR HEURE ET PAR CHEVAL INDIQUÉ — EAU KILOS.	CONSOMMATION MOYENNE PAR HEURE ET PAR CHEVAL INDIQUÉ — BOIS KILOS.	OBSERVATIONS
A 22 (ORDINAIRE).	29 septembre 1881	Kieff-Fastoff	3,2	9,7	116	13,6	4,32	13,4	4,26	sans enveloppes.
	—	Fastoff-Kasatine. . .	3,4	9,6	140	13,2	4,19			
	3 octobre 1881	Kieff-Fastoff	3,3	9,7	95	13,5	4,53	13,4	4,50	avec enveloppes.
	—	Fastoff-Kasatine. . .	3,3	9,6	133	13,3	4,46			
A 7 (COMPOUND)	4 mars 1882	Kieff-Fastoff	3,4	9,9	103	11,4	3,07	11,6	3,24	sans enveloppes.
	6 —	Fastoff-Kasatine. . .	3,0	9,4	126	11,9	3,41			
	—	Kieff-Fastoff	3,1	10,0	114	12,6	3,61	12,9	3,58	avec enveloppes.
	4 —	Fastoff-Kasatine. . .	3,2	9,5	135	13,2	3,54			

Ce tableau amène aux conclusions approximatives suivantes :

1) La locomotive compound travaillant avec des enveloppes non fonctionnantes donne, en comparaison avec la machine A 22, une économie de 13 0/0 sur la consommation de vapeur et de 24 0/0 sur la consommation de combustible.

2) L'admission de la vapeur dans les enveloppes n'influe pas sensiblement sur la consommation de vapeur pour la locomotive A 22, tandis que, dans la locomotive A 7, elle occasionne une influence nuisible en augmentant la consommation d'eau et de combustible par cheval indiqué.

Ces conclusions s'accordent donc avec les déductions des essais faits en 1883 et décrits plus haut.

IIIe PARTIE

Dépense de combustible par la machine A. 7 et les autres de la série A. pendant leur service au dépôt Kasatine.

Le travail ordinaire d'une locomotive en service dépend d'une telle masse de circonstances diverses qui se produisent en marche et qui sont de nature à exercer des influences perturbatrices, qu'il est très difficile, ou pour mieux dire à peu près impossible, d'arriver à une conclusion tant soit peu exacte sur les résultats du travail ordinaire des locomotives en marche. Cependant, après un service régulier de cinq années fait par la locomotive compound A. 7, il est intéressant de comparer les données des comptes-rendus des chemins de fer Sud-Ouest sur la dépense de combustible de cette machine et des autres de la même série, pendant leur service au même dépôt Kasatine dans des conditions aussi identiques que possible.

De cette comparaison l'on trouve que pendant la période de 1881 à 1885 inclusivement la consommation moyenne de bois était de :

	POUR TOUTES LES MACHINES DE LA SÉRIE A	POUR LA LOCOMOTIVE COMPOUND A 7	ÉCONOMIE EN FAVEUR DE LA MACHINE COMPOUND
Pour 1000 verstes de parcours de locomotives.	5,12 sagène cube	4,34 sagène cube	15 °/.
Pour 1,000 essieux-verstes de wagons	0,211 —	0,159 —	25 °/.

De cette façon d'après les comptes rendus l'économie de consommation de combustible, donnée par la locomotive compound dans les cinq années 1881-1885, est comprise entre 15 0/0 et 25 0/0. Il est utile d'ajouter que les comptes-rendus indiquent que la locomotive A. 7 a travaillé pendant chaque année plus économiquement que chacune des autres locomotives de la même série du dépôt Kasatine.

IVe PARTIE

Conclusions générales.

I. Comparant les consommations de vapeur par cheval obtenues par des voies tout à fait différentes dans l'atelier d'essais et avec les trains d'essais, on obtient pour la marche sans enveloppes et pour un même degré de détente le tableau suivant :

A. Locomotive ordinaire :

Deuxième cran. (Détente apparente de 3,3 fois).

Pression dans la chaudière.	Consommation de vapeur par heure et cheval indiqué. Kilogr.	Méthode d'expérience
—	—	—
9,60	12,1	Trains d'essais 1883, machine A 22.
6,43	13,5	Atelier d'essais 1881, machine A 21.
5,24	14,6	Atelier d'essais 1882. Machine A 22.
5,12	14,5	
4,81	14,1	
4,76	14,3	
4,77	15,7	
4,70	15,1	
4,56	14,8	
4,51	15,2	
4,49	15,6	
4,44	15,9	
4,06	15,9	

Premier cran. (Détente apparente de 4,5 — 5,0 fois.)

Pression dans la chaudière.	Consommation de vapeur par heure et cheval indiqué. Kilogr.	Méthode d'expériences
—	—	—
10,00	12,7	Trains d'essais 1883, machine A 22.
9,60	12,7	
7,22	13,8	Atelier d'essais 1881, machine A 21.
6,20	14,2	Atelier d'essais 1882, machine A 22
6,22	14,5	
6,10	14,5	
6.14	15,3	

B. Locomotive compound A 7.

Position du levier de changement de marche :
Petit cylindre premier cran; grand cylindre-60°.
Détente apparente de 6, 7 fois.

Pression dans la chaudière.	Consommation de vapeur par heure et cheval indiqué. Kilogr.	Méthode d'expérience
10,00	9,0	Trains d'esais 1883.
7,75	11,2	Atelier d'essais 1881.
7,62	11,4	

Comme on le voit, les résultats obtenus dans l'atelier d'essais et avec des trains d'essais par des méthodes tout à fait différentes, en différentes années et avec différentes locomotives de la même série sont d'accord entre eux et prouvent que la consommation par cheval dans tous les essais augmente régulièrement au fur et à mesure que la pression dans la chaudière diminue.

Les résultats des essais exécutés avec les enveloppes fonctionnantes ne sont pas discutés ici, car dans les trains d'essais, comme il a été dit, les enveloppes fonctionnaient d'une manière défectueuse.

II. Comparant la consommation de vapeur par cheval indiqué à différents degrés de détente obtenus avec la locomotive ordinaire A. 22, travaillant sans enveloppes dans les trains d'essais et donnée par le tableau n° 6, l'on remarque :

Position du levier de changement de marche.	Degré de détente apparente.	Consommation par heure et cheval indiqué.
1er cran	4,8	12,75 kilogr.
		12,67 —
2e —	3,3	12,14 —
3e —	2,5	12,92 —
5e —	1,8	14,14 —
7e —	1,5	16,08 —
11e —	1,3	18,31 —

Comme on le voit, le travail de la vapeur au premier cran non seulement n'est pas plus avantageux, mais il est même moins économique qu'au deuxième cran avec une détente plus faible ; cette conclusion est confirmée par les résultats obtenus dans l'atelier

d'essais en 1882 et en 1881 (voir page 301), La consommation par cheval indiqué au troisième cran (avec une détente de 2,5 fois) est à peine plus grande qu'au premier cran (avec une détente de 5 fois). De cette façon la conclusion de la page 301 sur l'inconvénient de l'emploi de cylindres de trop grandes dimensions se trouve confirmée par tous les essais. Enfin l'on remarque que le travail au septième et au onzième cran (avec une détente de 1,5 et 1,3 fois) est déjà très peu économique, cependant il ne faut pas oublier que ces derniers essais étaient faits avec le régulateur faiblement ouvert, ce qui gênait le libre passage de la vapeur dans les cylindres.

III. Faisant des comparaisons du même genre pour la locomotive compound on obtient :

Position du levier de changement de marche.		Degré de détente apparente.	Consommat. par heure et par cheval indiqué.	Position du levier de changement de marche.		Degré de détente apparente.	Consommat. par heure et par cheval indiqué.
Petit cylindre	Grand cylindre		Kilogr.	Petit cylindre	Grand cylindre		Kilogr.
1	73°	4,4	10,01	1	60°	6,7	9,05
3	73°	3,4	10,29	4	60°	3,6	10,05
5	73°	2,9	11,15	7	60°	2,8	10,83
7	73°	2,7	11,45				
1	70°	5,0	10,26	1	50°	9,1	10,40
3	70°	3,6	10,78	5	50°	4,1	10,56
5	70°	3,0	10,84	7	50°	3.0	10,75
7	70°	2,7	11,20				

Pour toutes les positions (73°, 70°, 60° et 50°) de la vis de changement de marche du grand cylindre l'on aperçoit ici une augmentation régulière quoique lente de consommation de vapeur par cheval, à mesure que le degré de détente diminue dans les limites de 6,7 à 2,7 (1), ce qui n'a pas eu lieu dans les essais avec la machine A. 22. Cette différence s'explique si l'on se rappelle que dans la locomotive compound la condensation de la vapeur pendant l'admission est comparativement plus faible et que par conséquent cette condensation n'influe pas si fâcheusement sur la consommation de vapeur pour des petites admissions (grands degrés de détente), comme cela a lieu dans les locomotives ordinaires.

Comparant la consommation de vapeur à différentes positions de la vis de changement du grand cylindre, l'on trouve que pour le

(1) Il paraît que dans l'essai avec la position du levier 1 — 50° la détente était poussé par trop loin.

même degré de détente la moindre consommation avait lieu pour la position de cette vis à 60° (correspondant à une admission au grand cylindre de 58 0/0 de la course du piston), ce qui était remarqué à chaque position du levier de changement de marche du petit cylindre.

On pouvait presque s'attendre à ce résultat, vu le rapport des volumes du petit et du grand cylindre = 2,04. Il en résulte par conséquent que, pour obtenir le travail le plus avantageux, la distribution de la vapeur doit être telle que *le grand cylindre ait une admission constante pour toutes les positions du levier de marche du petit cylindre et dépendant du rapport des volumes des deux cylindres.*

Il faut remarquer que les variations des admissions au grand cylindre dans les limites de 50° à 73°, correspondant à des admissions de 50 0/0 et 67 0/0 de la course, ont une influence peu sensible sur la consommation de vapeur. Mais d'un autre côté, si l'admission au grand cylindre est plus faible que 50 0/0 de la course, la dépense de vapeur par cheval augmente sensiblement et devient d'autant plus considérable que l'admission dans le grand cylindre est plus faible. Ceci peut être déduit des essais faits en 1883 avec la locomotive A.7 dans l'atelier d'essais et qui ont donné les résultats suivants :

Nos d'ordre des essais.	Pression moyenne absolue dans la chaudière.	Position du levier de la vis du changement de marche. Petit cylindre Nos des crans.	Position du levier de la vis du changement de marche. Grand cylindre. (Admission en 0/0 de la course).	Degré de détente apparente.	Nombre de tours par minute.	Travail indiqué.	Consommation de vapeur par heure et par cheval indiqué.	Avec ou sans le fonctionnement des enveloppes.
						Chevaux	Kilogr.	
33	10,56	2	40	9	82	68,5	13,30	sans
34	10,17	2	40	9	78	59,8	13,44	—
35	10,14	2	40	9	58	51,6	12,07	avec
36	6,76	5	40	4	88	70,1	15,44	—
37	7,09	5	40	4	93	84,4	14,26	sans
38	6,07	7	30	3,4	87	52,2	18,38	—
39	5,93	7	30	3,4	79	56,0	17,38	avec

Un travail si peu économique de la machine s'explique en examinant les diagrammes du petit cylindre (particulièrement ceux obtenus avec des admissions faibles au grand cylindre) qui ont une forme très irrégulière par suite d'une trop forte compression ; ces irrégularités atteignent quelquefois un tel degré que le petit

cylindre se transforme en un véritable frein, donnant un travail négatif.

Comme on devait s'y attendre, les résultats de ces essais prouvent qu'il est nuisible de donner au grand cylindre une admission plus faible que celle qui correspond au volume du petit cylindre.

IV. Passant à la question de l'économie donnée par les enveloppes de vapeur et le système compound, on arrive aux conclusions suivantes :

a. Les enveloppes de la locomotive ordinaire, pendant le fonctionnement dans l'atelier d'essais au premier et au deuxième cran, donnaient indubitablement une économie sur la consommation de vapeur, en moyenne de 16 et 12 0/0. Dans les trains d'essais les enveloppes n'ont pas donné en général de résultats satisfaisants, excepté pendant la marche au premier cran de la locomotive ordinaire, ce que l'on doit attribuer en partie aux pertes de vapeur pour échauffer les parois des enveloppes à chaque ouverture du régulateur et surtout à l'évacuation défectueuse de l'eau de condensation des enveloppes, qui transformait peut-être ces dernières en condenseurs.

Il faut donc chercher un meilleur moyen pour évacuer l'eau de condensation.

b. Le système compound a donné indubitablement une économie sur la consommation de vapeur et de combustible ; la valeur de cette économie varie sensiblement suivant les conditions de travail de la machine et, en service ordinaire des machines, peut être admise dans les limites de 15 à 20 0/0.

La plus grande quantité d'eau vaporisée par kilogramme de bois dans les essais avec la locomotive compound ne peut pas encore être attribuée définitivement au fonctionnement compound ; elle pouvait être le résultat des particularités individuelles de la chaudière et du chauffeur, ainsi que d'une méthode insuffisamment précise de l'évaluation de la consommation de bois. Néanmoins, vu que la locomotive compound consomme pour le même travail développé moins de combustible, elle demandera par suite un tirage moins fort et aura plus rarement besoin d'un serrage nuisible de l'échappement ; de là, possibilité d'une meilleure utilisation de combustible par la chaudière de la machine compound.

D'un autre côté la moindre consommation de vapeur dans les locomotives compound permet, dans les cas d'un excès de force de traction et d'adhérence, d'augmenter la composition des trains conduits par ces locomotives. C'est un des sérieux avantages de la locomotive compound qu'on ne doit pas omettre en appréciant l'utilité de ce système.

V. Prenant en considération que la locomotive compound expérimentée ne présente presque aucune complication, que la construction de ces locomotives revient à peu près au même prix que celle des locomotives ordinaires, que la moindre consommation entraîne de moindres frais de réparation des chaudières, du service d'alimentation, etc., on peut en conclure qu'il y a avantage indubitable à construire les locomotives d'après le système compound.

En terminant cette étude je me permettrai d'attirer encore une fois l'attention sur l'avantage qu'offre un atelier d'essais convenablement outillé pour étudier toutes les conditions du travail des locomotives et de leurs chaudières; on peut déjà s'en faire une idée en comparant les méthodes et manipulations décrites dans les parties I et II de cet ouvrage et en remarquant que les observations dans l'atelier d'essais sont simples, précises, faciles à calculer et à vérifier, tandis que les autres sont difficiles, minutieuses, très compliquées, ne se soumettent pas au contrôle et dépendent de toutes les éventualités de la marche avec des trains. Si j'ai été obligé de recourir aux manipulations si compliquées et si difficiles qui ont fait durer ce travail pendant plusieurs années, c'est à cause de l'arrangement primitif de mon atelier d'essais et surtout par le manque d'un frein qui eût donné la possibilité de faire des essais dans toutes les conditions voulues de pression, de détente, de vitesse, etc.

Kieff, 13 juin 1886.

TABLE DES MATIÈRES

LES ORIGINES DE L'ALCHIMIE

Par M. BERTHELOT

ANALYSE FAITE PAR M. ERNEST VLASTO

C'est une véritable bonne fortune que de rencontrer un chimiste de la valeur de M. Berthelot ne dédaignant pas de s'occuper des obscures origines de la science à l'éclat de laquelle il a si puissamment contribué. La chimie pour les profanes est la fille de l'alchimie : mais la chimie effraye quelque peu comme une science exacte, tandis que l'alchimie, grâce au lointain, grâce à une hérédité qui a bravé les siècles, semble avoir quelque saveur de fruit mystérieux et défendu. Quel est celui de nous qui n'ait eu le désir de connaître ce qui se cachait de vrai et d'utile sous le grimoire incompréhensible des compilations alchimiques? M. Berthelot a eu cette même curiosité, et plus heureux que d'autres, il s'est trouvé réunir les qualités diverses, qui étaient indispensables pour aborder l'étude qu'il livre à nos méditations. Eu égard aux textes à consulter, c'est un sujet qui ne pouvait être touché que par un chimiste doublé d'un docte helléniste, par un historien doué d'un sens critique spécial et délié.

Nous trouvons dans l'Essai de M. Berthelot l'helléniste et l'his-

torien, voire même le voyageur et l'égyptiologue. Il a mis une sorte de coquetterie à dissimuler le chimiste, et nous avons éprouvé un certain regret en voyant le côté technique ou technologique presque absolument laissé dans l'ombre, alors que l'érudit, l'historien, le penseur se révélaient à la fois au lecteur dans cette étude magistrale digne de l'Académie française.

Avant M. Berthelot, Hoefer, dans son histoire de la chimie, avait déjà jeté un regard en arrière. Le travail, on devrait dire la récréation de M. Berthelot, a profité de documents que n'avait pas connus Hoefer, ou qu'il a négligés.

Quand on est tant soit peu au courant de la chimie moderne, qui a graduellement envahi l'ensemble des sciences d'observation et d'application, on se prend de curiosité à l'égard du passé. On se demande, admirant les industries si artistiques, si complètes, des premiers siècles, comment elles avaient pu parvenir à se passer de nos découvertes modernes. On se demande comment, entre autres, la métallurgie, la céramique des Grecs et des Romains, si savantes dans leurs résultats, si habiles dans leurs procédés d'exploitation, d'analyse, de traitement, avaient pu se tirer d'affaire sans les méthodes modernes dont nous sommes si fiers.

Les auteurs de l'antiquité qui écrivaient si bien, s'occupaient peu de science, à quelques rares exceptions près. Les hommes pratiques, s'ils savaient, n'avaient pas le temps d'écrire. Plus tard, au commencement de l'ère chrétienne, la vie publique supprimée sous les empereurs fait des loisirs à nombre d'esprits distingués. C'est de cette époque que datent les recueils de procédés, de recettes, de formules qui ne nous sont pas arrivés directement, mais qui par copies successives parviennent aux huitième et neuvième siècles. M. Berthelot étudie ces manuscrits ; il reconstitue avec sagacité et de proche en proche l'état des sciences chimiques, en remontant aux époques les plus reculées. Il note les théories, cherche les filiations, remonte le cours des siècles. Quand on étudie avec lui les documents, on est surpris de ce qu'il en tire, et cependant on voudrait savoir davantage. M. Berthelot n'a soulevé qu'un coin du voile, assez pour nous donner le désir d'en connaître davantage, et quelques éblouissants exposés, où l'on sent la griffe du maître, nous font espérer un travail plus complet.

Nous avons essayé d'analyser cette étude, tâche difficile et déli-

cate : le tissu serré du raisonnement, le style condensé d'un texte où pas un mot n'est à supprimer, où tout est intéressant, nous ont fait longtemps hésiter. Il nous a cependant semblé fâcheux qu'une œuvre de M. Berthelot ne fût pas signalée aux membres de la Société des Ingénieurs civils ; et c'est ce travail ingrat de mutilation que nous leur demandons de bien vouloir suivre avec nous.

I

Les sources mystiques. — D'après les témoignages des écrits les plus anciens, des saintes Écritures, des traditions recueillies aux IIe et IIIe siècles de notre ère, traditions dont nous trouverons plus loin la trace dans les manuscrits étudiés par M. Berthelot, les origines de l'alchimie se perdraient dans la nuit des temps. C'est avant le déluge qu'il faudrait placer les premiers faits concernant les sciences alchimiques, et comme de juste c'est aux démons qu'il faut attribuer la révélation de secrets, de formules, qui par cela même, qu'elles étaient censées donner une puissance surhumaine à leur possesseur, devaient le mettre hors la loi. Les écrits des premiers alchimistes, non pas les originaux, mais les copies successives datant du IIe siècle environ, font des citations des saints livres : la nouvelle religion chrétienne s'élève sur les ruines du Judaïsme et du Paganisme ; les esprits surexcités par l'attente d'une vie et d'événements nouveaux, poursuivent des rêves audacieux. Ils cherchent, en attendant la réalisation de ces rêves, la justification de leur audace, et « c'est ainsi que l'alchimie nous apparaît, rattachant elle-même sa source aux mythes orientaux, engendrés, ou plutôt dévoilés au milieu de l'effervescence provoquée par la dissolution des vieilles religions. »

Sources Égyptiennes. — Il était naturel de chercher en Egypte, mère des arts, les premières origines de la chimie. — Mais où sont les documents? — Quand on songe aux siècles de civilisation réelle dont a joui cette contrée, on n'ose croire qu'il en reste si peu de traces écrites. Pour ce qui concerne la chimie, il y a des preuves évidentes de destruction voulues. Le moyen

âge, et même les siècles modernes, jusqu'il y a cent ans, étaient dans une ignorance si complète de la chimie, qu'il ne faut pas être surpris de la disparition presque absolue de tout ouvrage de l'antiquité, traitant de matières aussi peu compréhensibles. Les pieux copistes du moyen âge, sauveurs d'une grande quantité de précieux textes grecs ou latins, ne les comprenaient pas toujours, mais ils en sentaient d'instinct l'importance. Ils étaient moins convaincus de l'intérêt des traités concernant l'alchimie, science toujours un peu diabolique, et il est probable que sur bien des palimpsestes, on retrouverait des traces d'anciens écrits cabalistiques, copies eux-mêmes de plus anciens papyrus, grattés par quelque main pieuse, venant en aide au temps et aux barbares pour faire disparaître les sources, où nous pourrions puiser aujourd'hui des renseignements précieux.

Au surplus, on leur avait laissé peu à conserver. « Les destructions opérées par Dioclétien en Égypte, sont un fait historique ; il est très probable qu'il fit brûler systématiquement les livres et les écrits des prêtres égyptiens. En effet, la proscription des écrits magiques et astrologiques, en un mot de tout ouvrage relatif aux sciences occultes, était conforme à la politique connue des empereurs romains. Il existe dans le droit romain une série de lois sur ce point. Or, l'alchimie était une science occulte congénère de la magie. » S'il nous reste quelques traces de la science chimique des Égyptiens, nous le devons à des copies successives transmises à travers les âges. Les plus anciens manuscrits grecs qui parlent d'alchimie ne remontent pas au delà du IIIe siècle. Ils nous révèlent « qu'il existait en Egypte tout un ensemble de connaissances pratiques, fort anciennes, relatives à l'industrie des métaux, des alliages, des verres et des émaux, ainsi qu'à la fabrication des médicaments, connaissances qui ont servi de supports aux premiers travaux des alchimistes ». Ainsi dans l'un des manuscrits cités par M. Berthelot (2,419 de la Bibliothèque nationale), on lit trois recettes pour la fabrication de l'argent, des procédés pour fabriquer les émeraudes et les hyacinthes. Les papyrus de Leide, découverts à Thèbes, et remontant au IIIe ou IVe siècle de notre ère, offrent des recettes qui semblent empruntées aux mêmes sources ; les titres sont identiques et les préparations analogues, « les unes réelles : purifications,

trempe, soudure des métaux, combinaisons des alliages, dorure, argenture, docimasie de l'or et de l'argent, écriture en lettres d'or, teintures en or, fabrication des verres, des pierres précieuses artificielles; — les autres chimériques : art de doubler le poids de l'or, art de faire l'argent, etc. » On trouve dès cette époque, chose curieuse, des symboles chimiques, se rattachant aux signes hiéroglyphiques : le signe alchimique de l'eau, celui du soleil, sont identiques avec leurs hiéroglyphes. Le signe du mercure est le même que le signe actuel de la planète Mercure dans notre Annuaire des longitudes. Quant aux auteurs, il n'en existe pas de trace ; la science à cette époque était absolument impersonnelle : on se servait tout au moins d'un nom comme d'une étiquette applicable sur toute une série d'ouvrages : ainsi Hermès, (d'où la science hermétique) aurait composé 20,000 ouvrages, d'après les uns, 36,525, d'après les autres. Ce qui nous reste de cet amas de recettes dues aux savants égyptiens et attribuées par convention à Hermès, se réduit à quelques résumés faits à l'époque alexandrine, sauvés de la destruction, et devenus des trésors rares dans quelques-unes de nos bibliothèques publiques.

Quant à la pratique de la chimie égyptienne, les fouilles effectuées en Egypte par Mariette ont révélé au Sérapéum de Memphis un sanctuaire surtout médical ; la parenté étroite qui a toujours existé entre la préparation des médicaments et les études chimiques, nous explique pourquoi les alchimistes regardaient le Sérapéum de Memphis comme leur plus vieux laboratoire. C'est là que l'on a peut-être plus de chance de découvrir un jour quelques indices des manipulations chimiques des Égyptiens, quelques fragments de ces fourneaux que Zosime décrit pour les avoir vus lui-même, quelques restes des alambics et des creusets employés dans ces artistiques laboratoires. Ce qui est hors de conteste, c'est la parenté existant entre les hiéroglyphes, les manuscrits alchimiques du moyen âge, et même les spéculations similaires de l'antiquité hellénique.

Sources babyloniennes et chaldéennes. — « Les théories alchimiques ne viennent pas seulement d'Egypte, elles peuvent réclamer aussi pour une part quelque origine babylonienne. » Les Chaldéens passaient à Rome pour maîtres ès sciences occultes : Tacite en

parle à diverses reprises. De nombreux liens rattachent les recettes et les pratiques chaldéennes à l'alchimie syrienne et égyptienne.

Enfin, comme preuve de la communauté d'origine, notons que les chroniqueurs byzantins attribuent à Dioclétien la destruction des traités persans d'alchimie, englobés dans la proscription générale où disparurent à la même époque les traités égyptiens.

« Au point de vue pratique, il existait en Babylonie comme en Égypte tout un ensemble de procédés industriels très perfectionnés, relatifs à la fabrication des verres et des métaux, à la teinture des étoffes, à la trempe du fer (acier de Damas et de l'Inde, pourpre de Tyr, etc.). » Il est incontestable que l'examen des débris de l'art assyrien révèle des procédés remarquables, dont les traditions perpétuées jusqu'aux Arabes et au Persans modernes attestent la perfection. La conception du fameux « œuf philosophique », dont il est si souvent question dans les manuscrits alchimiques, à la fois signe de l'œuvre sacré et de la création de l'univers, est un symbole à la fois égyptien et chaldéen. L'imagination de l'œuf du monde est babylonienne et aussi égyptienne.

A Babylone comme en Egypte, « les espérances illimitées qu'excitaient les études alchimiques ne s'étendaient pas seulement à l'art de faire de l'or, mais aussi à l'art de guérir les maladies. » L'élixir de longue vie, le remède universel chez les Arabes, héritiers de la culture chaldéenne, marche de pair avec la poursuite de la pierre philosophale.

A la même époque, au IIIe siècle, apparaît en Chine l'alchimie transmise de proche en proche des Chaldéens aux Chinois. « Les alchimistes chinois s'attachaient également à transmuter l'étain en argent, et l'argent en or ; ils plaçaient toujours dans leurs creusets avec la pierre du « tan » une certaine quantité du métal cherché, envisagé comme substance mère. Or ce sont là les pratiques usitées chez les Greco-Égyptiens ; c'est la même association de la magie avec l'alchimie. » On pourrait ajouter que ce sont aussi les pratiques usitées de nos jours par les charlatans pour abuser des naïfs : se reporter aux mésaventures du cardinal de Rohan sous Louis XV et à un procès célèbre, tout récent, au Chili. Dans l'un comme dans l'autre cas, l'habile escamoteur introduisait pendant l'opération l'or que l'on retrouvait à la fin.

SOURCES JUIVES. — En présence du rôle important que les Juifs ont eu dans la fusion des doctrines religieuses et scientifiques de l'Orient et de la Grèce, fusion qui a présidé à la naissance du christianisme, il était difficile de ne pas rencontrer ce peuple à l'origine de l'alchimie. Et, en effet, dans les divers papyrus de saint Marc ou de Leide qu'a consultés M. Berthelot, on rencontre un labyrinthe de Salomon, une recette alchimique attribuée à Osée, roi d'Israël; on lit les noms d'Abraham, Isaac, Jacob, Sabbaoth, etc. Une recette de Moïse permet de doubler le poids de l'or ! Il est incontestable que des appareils nombreux, et de nombreuses recettes sont dus à l'active intelligence des Juifs. D'après certains manuscrits, il est des procédés qui remonteraient même à Noé, et nos alchimistes du moyen âge peu suspects de partialité envers les Juifs, leur rendent cependant justice et témoignent de la considération qu'ils avaient pour leurs procédés en disant qu'il y a deux sciences, celle des Égyptiens, et celle des Hébreux qui est la plus solide. Il existe même des traités de chimie domestique, attribués à Moïse, et l'un des fragments débute par une phrase tirée de l'Exode, à peu près textuellement : « Et le Seigneur dit à Moïse, j'ai choisi Bézéléel, prêtre de la tribu de Judas, pour travailler l'or, l'argent, le cuivre, le fer, et tout ce qui regarde les pierres et les travaux du bois, et pour être le maître de tous les arts. » Suit une série de recettes, toutes pratiques, placées sous le haut patronage de Moïse et de Bézéléel. L'alchimie au moyen âge citait avec respect Marie la Juive, l'un des créateurs vénérés de l'alchimie ; on lui attribue plusieurs traités, et même l'invention du bain-marie.

SOURCES GNOSTIQUES. — Certains rapprochements donnent une date presque certaine aux auteurs alchimiques : les premiers écrivains alchimistes étaient gnostiques. On sait qu'à l'époque de transition qui précéda la diffusion de la doctrine chrétienne, — contact qui dura quelques siècles, entre le vieux monde païen, ou plutôt l'ancienne philosophie, et la philosophie nouvelle du christianisme, — il y eut une sorte d'éclectisme intellectuel où se complurent des esprits d'élite. C'est ce que l'on a appelé le gnosticisme, que l'on nommerait aujourd'hui rationalisme. On trouve, entre les symboles et les formules employés par les gnostiques et ceux

usités à la même époque par les alchimistes, une identité frappante. « Le serpent ouroboros caractéristique de l'époque gnostique, symbolise les mêmes choses que l'œuf philosophique des alchimistes. Les gnostiques, ainsi que les premiers alchimistes et les néoplatoniciens d'Alexandrie, unissaient la magie à leur pratique religieuse. »

Les femmes alchimistes Théosébie, Marie la Juive, Cléopâtre la savante, deviennent les prophétesses gnostiques. Or le gnosticisme n'a joué un rôle important que du IIe siècle de notre ère au IVe siècle. Il est donc indubitable que c'est à cette époque que l'alchimie prend naissance tout au moins comme corps de doctrines écrites.

La revue qui précède peut être appelée l'étude préhistorique de l'alchimie : passons à la période historique.

LES TÉMOIGNAGES HISTORIQUES. — La concordance des manuscrits et des papyrus dont il a été question plus haut atteste leur communauté d'origine ; mais comme les plus anciennes copies ne remontent pas au delà du XIe siècle, il convient de contrôler cette ressemblance en rapprochant les faits et les indications qu'ils renferment, des faits et des indications que nous rapportent les historiens contemporains. « Aucun de ceux-ci n'a parlé de la chimie avant l'ère chrétienne. La plus ancienne allusion que l'on puisse signaler à cet égard serait une phrase singulière de Dioscoride, médecin et botaniste grec : *Quelques-uns rapportent que le mercure est une partie constituante des métaux.* » L'histoire nous transmet encore dans un passage de Pline l'Ancien la première tentative de transmutation, ou plutôt de préparation artificielle de l'or : Caligula réussit, en faisant calciner une quantité considérable d'orpiment, à tirer un rendement d'or si minime qu'il ne paya pas les frais de l'opération. « Extraction de l'or préexistant ou fabrication de ce métal de toutes pièces, ce sont là deux idées tout à fait distinctes pour nous ; mais elles se confondaient dans l'esprit des anciens opérateurs. » Cependant Columelle, Pline, Tacite, mentionnent les plus vieux auteurs cités par les manuscrits alchimiques : Démocrite, Ostanès, Pammenès, Pétosiris. « Sénèque rappelle également les connaissances pratiques de Démocrite sur l'art de colorer les verres, art congénère de l'art de colorer les métaux : « *Il avait*

trouvé le moyen d'amollir l'ivoire, de changer le sable en émeraude par la cuisson, et son procédé est encore suivi de nos jours. » Dans Pline il est question d'ouvrages, où l'on apprenait l'art de teindre les émeraudes artificielles et autres pierres brillantes, art égyptien par excellence, et concordant avec les recettes des manuscrits examinés par M. Berthelot.

Dans les chroniqueurs byzantins, Jean d'Antioche, Suidas, etc., il est dit expressément que Dioclétien fit brûler vers l'an 290 les anciens livres de chimie des Égyptiens relatifs à l'or et à l'argent, afin qu'ils ne pussent s'enrichir par cet art, et en tirer une source de richesses qui leur permissent de se révolter contre les Romains. D'après ces textes, le royaume d'Égypte s'était enrichi par l'alchimie; la métallurgie positive, dans la vieille Égypte, était associée à des recettes chimériques de transmutation.

Nous retrouvons cette même association dans les manuscrits et dans les papyrus de Leide. « L'alchimie était désignée, à l'origine, sous le nom de science sacrée, art divin et sacré, désignation qui lui était commune avec la magie ; le nom même de l'alchimie figure pour la première fois dans un traité astrologique de Julius Firmicus, écrivain du IVe siècle de notre ère. » Seule la préfixe *al* semble suspecte et due, sans doute, à un copiste.

Dans un texte très explicite d'Enée de Gaza, philosophe néoplatonicien du Ve siècle, on lit : « Le changement de la matière en mieux n'a rien d'incroyable ; c'est ainsi que les savants en l'art de la matière prennent de l'argent et de l'étain, en font disparaître l'apparence, colorent et changent la matière en or excellent. Avec le sable divisé et le natron dissoluble, on fabrique le verre, c'est-à-dire une chose nouvelle et brillante. » C'est à cette époque, vers le Ve siècle, que les chimistes apparaissent dans les chroniques sous leur dénomination véritable ; l'alchimie ne paraît considérée comme un corps de doctrine scientifique que vers le VIIe siècle. A une époque relativement rapprochée, une encyclopédie arabe, écrite vers l'an 850, consacre plusieurs pages à la liste des auteurs alchimiques. « A partir de ce temps, nous trouvons chez les Byzantins, puis chez les Arabes et chez les Occidentaux, une chaîne non interrompue de témoignages historiques relatifs à l'alchimie et aux gens qui l'ont cultivée.... Il résulte de cet ensemble de faits et de documents une filiation non interrompue de

témoignages, au moins depuis le IIIe siècle de notre ère, filiation qui ne le cède en valeur et en certitude à aucune de celles sur lesquelles repose l'autorité des ouvrages les plus authentiques de l'antiquité. » Citons en première ligne les papyrus de Leide.

LES PAPYRUS DE LEIDE. — Il a été réuni à Leide par le chevalier d'Anastasy une collection de papyrus achetés, en 1828, par le gouvernement des Pays-Bas (1). Cette collection renferme les plus anciens manuscrits alchimiques connus jusqu'à ce jour. M. Berthelot n'a pu malheureusement étudier ces écrits aussi complètement qu'il eût été désirable. On ne s'explique même pas comment il n'a pu obtenir l'autorisation d'en faire une copie complète. On lui aurait envoyé deux extraits en lui demandant de ne pas en publier le texte. L'un d'eux présentait un intérêt technologique remarquable : il s'agissait de dorure sans mercure, c'est-à-dire d'une dorure dans laquelle l'emploi d'un alliage de plomb et d'or remplace l'amalgamation. Dans ces traités, « la magie, l'astrologie, l'alchimie, l'étude des alliages métalliques, celle de la teinture en pourpre et celle des vertus des plantes, sont associées intimement » comme dans les manuscrits grecs dont il sera question plus loin. « Certains de ces papyrus portent les marques d'un usage journalier et d'une lecture usuelle : ce sont des rituels magiques que le possesseur consultait fréquemment. » On y rencontre l'évocation d'un fantôme, la confection d'une image de l'amour, les recettes de philtres, des recettes pour songes, des procédés pour porter malheur à quelqu'un. D'autres papyrus sont plus pratiques ; ils traitent de la fabrication des alliages, de la teinture en pourpre, de matière médicale. Il est curieux de suivre quelques-uns des principaux sujets traités dans ces papyrus, groupons-les sous les titres suivants : *plomb* : purification et durcissement du plomb ; *étain* : purification, décapage et durcissement de ce métal ; épreuve de la pureté de l'étain, blanchiment de l'étain ; *cuivre* : blanchiment du cuivre, fabrication du cuivre couleur d'or (bronze), décapage des objets de cuivre, ramollissement du cuivre; *argent* et *asemon* : purification, décapage de l'argent, docimasie, c'est-à-dire essai de l'argent, dorure de l'argent, etc. L'asemon était un alliage d'argent

(1) Le chevalier d'Anastasy était Consul général des Pays-Bas à Alexandrie; à sa mort le gouvernement hollandais racheta sa collection et la transporta à Leide.

et de cuivre, et était considéré comme un acheminement vers la transmutation de l'étain en argent pur. *Or*, coloration de l'or, fabrication de l'or, préparation pour la soudure, écriture en lettres d'or, docimasie, dorure, enfin art de doubler l'or.

« Cet art de doubler l'or et de le multiplier eu formant des alliages à base d'or, alliages dont on pensait réaliser ensuite la transmutation totale, par des tours de main convenables, analogues aux fermentations, cet art constitue la base d'une multitude de recettes : pourpre ; plusieurs recettes de fabrication du pourpre de Cassius ; coloration du verre en pourpre par des préparations d'or ; minerais divers, enfin extraits variés relatifs a l'arsenic, à la sandaraque, à la cadmie, à la soudure d'or, au minium de Synope, au natron, au cinabre et au mercure. »

MANUSCRITS GRECS DES BIBLIOTHÈQUES. — « Les manuscrits alchimiques les plus anciens sont écrits en grec : ils forment un groupe caractéristique à la bibliothèque Nationale de Paris.... ils ont été apportés en France du temps de François Ier. » Il existe dans diverses bibliothèques d'Europe des copies plus ou moins ressemblantes de ces divers manuscrits. Le plus beau et le plus ancien est le manuscrit de saint Marc que le gouvernement italien a obligeamment mis à la disposition de M. Berthelot. L'écriture ferait remonter la date de ce manuscrit au XIe et même au Xe siècle.

Il y aurait un grand intérêt à la publication et à l'étude méthodique de ces divers manuscrits ; « l'obscurité du sujet et le caractère équivoque de l'alchimie ont, sans doute, rebuté les éditeurs et les commentateurs. » Au reste les divers manuscrits contiennent des ouvrages dont la date variable remonte. grâce à des copies successives, aux temps les plus anciens. Certains traités relatifs aux vitrifications colorées et aux émeraudes artificielles dérivent de quelque compilation de traités analogues, dont parlent Pline et Sénèque. D'autres recettes, relatives aux alliages et aux pierres précieuses artificielles, remonteraient plus haut encore, s'il est vrai qu'elles étaient copiées sur les stèles et sur les papyrus égyptiens. Quelques-uns de ces manuscrits paraissent être des extraits, des sommaires que les écrivains byzantins affectionnaient, et grâce auxquels tant de fragments de l'antiquité littéraire hellénique sont parvenus jusqu'à nous. Il est à noter que les écrivains

de ces manuscrits sont tous chrétiens et presque tous antérieurs aux Arabes. En résumé, la collection alchimique réunie à Constantinople par la civilisation byzantine, a passé en Italie, et de là dans le reste de l'Occident.

Ces écrits n'étaient pas considérés comme des monuments immuables. Des additions, des interpolations variant d'une copie à l'autre, indiquent qu'ils servaient de mémento aux alchimistes, et qu'ils étaient rectifiés, mis au courant des connaissances acquises, comme les ouvrages techniques de nos jours. « Ils portent la trace de l'étude passionnée dont ils ont été l'objet autrefois : notes sur les marges, mémento, ratures de certains passages, surcharges.... taches faites par les produits chimiques, tels que les sels de cuivre. »

Ces manuscrits ont été l'objet de quelques études qu'il est bon de signaler : Olaüs Borrichius, médecin danois du XVIIe siècle, « auteur savant mais crédule » ; Morhofius, Saumaise, Du Cange, Reniesius, Fabricius, et enfin Hoefer.

Les manuscrits sont composés : 1° d'indications générales relatives aux mesures et à la nomenclature ; 2° de traités théoriques et pratiques, formant à la suite un tout distinct. M. Berthelot donne dans son ouvrage si luxueusement édité par Georges Steinheil, des fac-simile curieux de la nomenclature des signes de l'art sacré. Après la liste des signes vient un lexique des mots, puis la liste des faiseurs d'or (ποιηται), et enfin un énoncé des lieux où l'on prépare la pierre philosophale en Egypte, à Constantinople, etc.

Les traités qui suivent les indications générales sont théoriques, et attribués à divers auteurs, commençant à Démocrite, et se terminant aux chimistes byzantins. Quelques poèmes alchimiques complètent l'ensemble sans grand intérêt pour l'étude de l'alchimie.

Les traités et les recettes technologiques semblent être le but principal et pratique de toute la compilation : l'origine en est très diverse. Il existe un « livre de l'alchimie métallique sur la chrysopée, l'argyropée, la fixation du mercure, renfermant les évaporations, les teintures, les traitements par déflagration ; il traite aussi des pierres vertes, escarboucles, verres colorés, perles, comme de la teinture en rouge des vêtements, des peaux, destinés à l'Empereur : tout cela est produit au moyen des eaux, par l'art métallur-

gique. » Un autre traité a pour titre : « Bonne confection et heureuse issue de la chose créée et du travail, et longue durée de la vie ; » un autre : « Fusion de l'or, très estimée et très célèbre. » La Technurgie, du célèbre Arabe Salmanos, traite de la fabrication des perles artificielles et du blanchiment des perles naturelles.

Enfin des manuscrits de moindre importance donnent des recettes pour fabriquer l'argent au moyen du plomb et de l'étain, pour tremper le bronze, pour colorer des verres, pour fabriquer l'or.

II

Les personnes : les alchimistes œcuméniques. — Il existe un certain nombre de noms qui reparaissent à chaque instant dans les anciens manuscrits alchimiques. A cause de leur importance et de leur autorité universelle, les anciens manuscrits les appellent œcuméniques. La liste est longue, depuis Hermès, en passant par Démocrite, Platon et Aristote, Moïse et Cléopâtre, l'empereur Héraclius, jusqu'au prêtre chrétien Arès. La concordance entre les noms contenus dans les énumérations diverses, d'origines toutes différentes — byzantines, égyptiennes ou arabes — prouve l'existence antérieure au IXe siècle des traités qui nous sont parvenus à l'état de fragments par les manuscrits de nos bibliothèques. — Les alchimistes eux-mêmes peuvent être classés en plusieurs catégories : les auteurs mythiques, dieux, rois ou prophètes, les auteurs pseudonymes, et enfin les auteurs historiques.

Les alchimistes mythiques. — Hermès, d'où la science hermétique, est le plus ancien et le plus fécond des alchimistes anciens. Les traités qui lui sont attribués, sont constamment cités ; ses formules reparaissent dans tous les écrits historiques sur la matière. Après Hermès Agathodémon, Isis, Sophé, autrement dit Chéops, Cléopâtre, sont autant de nom imaginés, peut-être, soit pour augmenter l'autorité des écrits, en les rattachant à une origine vénérée, soit pour sauvegarder les véritables auteurs contre la persécution.

Les alchimistes pseudonymes. — Les noms des anciens philosophes grecs sont souvent empruntés par les alchimistes qui leur attribuent leurs propres ouvrages. Chose curieuse, les écoles épicuriennes et stoïciennes semblent inconnues à ces auteurs. Aucun auteur latin ne figure non plus dans ces listes. Platon, Aristote, Jamblique d'Alexandrie, l'empereur Julien sont les noms préférés, et très certainement forment une série de pseudonymes historiques. Mais le nom de Démocrite est celui qui joue un rôle capital dans l'histoire des origines de l'alchimie.

Démocrite d'Abdère était un esprit puissant, un rationaliste; Aristote le cite fréquemment : il avait composé divers ouvrages relatifs aux sciences naturelles. « C'est le fondateur de l'école atomistique, reprise ensuite par Epicure, école qui a eu tant d'adeptes dans l'antiquité, et qui de nouveau a fait fortune parmi les chimistes modernes. » Pline est le premier auteur qui ait transformé le caractère du philosophe rationaliste, et qui lui ait attribué la qualité de magicien, demeurée dès lors attachée à son nom, pendant tout le moyen âge. L'œuvre encyclopédique de Démocrite est aujourd'hui, à l'exception de quelques fragments, entièrement perdue. Diogène, Laerce, Sénèque, ont attribué à Démocrite des traités sur le suc des plantes, sur les pierres, les minéraux, les métaux, la teinture du verre, l'art d'amollir l'ivoire, de préparer l'émeraude artificielle.

M. Berthelot a retrouvé dans les manuscrits alchimiques un fragment sur la teinture en pourpre, par voie végétale, qui lui semble avoir appartenu à la collection des œuvres de Démocrite, citée par les auteurs latins ci-dessus énumérés.

Les anciens alchimistes tentés par la communauté du sujet ont donné le nom de Démocrite à l'assemblage souvent incohérent de diverses recettes qu'ils ont intitulées Physica et Mystica.

L'intérêt que présente pour nous toute la littérature pseudo-démocritaine consiste à retrouver en elle « l'une des voies par lesquelles les traditions, en partie réelles, en partie chimériques, des sciences occultes, et des pratiques industrielles de la vieille Egypte et de Babylone ont été conservées. Sur ces racines équivoques de l'astrologie et de l'alchimie, se sont élevées plus tard les sciences positives dont nous sommes si fiers. La connaissance

de leurs origines réelles n'en offre que plus d'intérêt pour l'histoire du développement de l'esprit humain ».

Astorès le Mède ou le Mage fut, dit-on, un des initiateurs de Démocrite pendant le voyage de ce dernier en Egypte. Comme à Zoroastre, comme à Sophar le Persan, on lui attribua un certain nombre de traités, au moyen âge, surtout parmi les alchimistes arabes : la tradition chaldéenne se trouve attestée par ces noms.

Enfin, au nombre de ces auteurs pseudonymes, il faut citer des noms égyptiens, tels que Chemès, ou Chymès (chimie?), Pétésis, Pétosiris, Pamenès, etc.

La tradition juive, quelque bizarre que son intervention paraisse au moyen âge, en général hostile à ce qui n'était pas chrétien, se traduit par l'attribution d'ouvrages sous les pseudonymes de Moïse, de Marie la Juive (l'inventeur du bain-marie), de Cléopâtre, etc.

Les alchimistes grecs proprement dits. — Après l'énumération rapide des personnages mythiques, ou des pseudonymes qui se perdent dans le lointain des origines de l'alchimie, il nous faut arriver à des savants sérieux ayant laissé des ouvrages connus par une tradition continue, depuis le ve siècle, et dont plusieurs ont joué un rôle dans l'histoire de leurs temps. Citons Zosine, le plus ancien des auteurs dont nous possédions les écrits authentiques, au moins en fragments. A côté d'une phraséologie vague et emphatique, à côté de phrases symboliques ou énigmatiques, viennent des descriptions et des croquis d'appareils de chimie pratique : alambics en verre, fioles, traité sur l'évaporation, traités sur la composition des eaux, recettes positives, quoique mêlées de chimères, allégories qui peuvent être comprises, telles que celle-ci, relative à la purification de l'argent par coupellation : « La lune est pure et divine, lorsque vous voyez le soleil briller à sa surface. » Des traités sur les instruments et les fourneaux, sur la fabrication de la chaux, sur la bière, sur le bronze et le fer, sur la fabrication du verre, forment une partie considérable des manuscrits de nos bibliothèques. Nous aurions voulu voir M. Berthelot traiter de moins haut ces humbles questions technologiques. Notre espoir est qu'il y reviendra quelque jour; nul

mieux que le révélateur de tous ces trésors enfouis dans nos bibliothèques, ne peut en faire ressortir l'intérêt technique.

Après Zosine nous trouvons Africanus, syrien du temps d'Alexandre Sévère. Africanus avait écrit sur les matières médicales, naturelles, agricoles, chimiques.

Avec Synésius, les études alchimiques semblent atteindre, vers le commencement du vᵉ siècle, leur plus haut degré de culture. Synésius était évêque de Ptolemaïs, « singulier évêque, marié, gardant sa femme et ses enfants, à peine chrétien, car il ne croit pas aux dogmes contraires à la philosophie ». Synésius, astronome, physicien, agriculteur, chasseur, esprit universel, est l'auteur de traités philosophiques; il est peut-être le premier inventeur de l'aréomètre. Ses œuvres, son intéressante correspondance, ont été publiées à Paris en 1631. Les doctrines chimiques occultes se mêlent aux théories gnostiques. Citons une phrase : « Tire d'eux ton vif argent, tu en feras la médecine ou quintessence, puissance impérissable et permanente, nœuds et liens de tous les éléments qu'elle contient en soi, esprit qui réunit toute chose. »

Olympiodore ne procède pas par allégories comme Zosine, mais les traités qu'il a laissés sont remarquables par l'incohérence, représentation exacte du mélange singulier d'idées et de connaissances qui meublaient la cervelle d'un savant du vᵉ siècle. Il s'en réfère à la fois à la Bible, qu'il ne semble pas avoir beaucoup lue, aux inscriptions hiéroglyphiques du temple d'Isis et à l'autorité des philosophes grecs qu'il semble bien connaître. A côté d'opérations vraiment chimiques, telles que la macération, le lavage et le grillage des minerais, la distinction des corps en volatils et fixes, il reproduit des contes tels que ceux-ci : « Là, en Ethiopie, une espèce de fourmi extrait l'or et le met au jour et s'en réjouit. »

Admirons cependant la netteté de cette formule pour la fabrication de l'émeraude : « Prenez 2 onces de beau cristal, et 1/2 once de cuivre calciné, préparez du cristal par l'action du feu. Mettez-le dans l'eau pure, nettoyez-le, broyez ces substances dans un mortier, et faites-les fondre ensemble à une température égale. » Olympiodore écrivait un peu avant la destruction du Sérapéum, et de la bibliothèque Ptolémaïque qu'il semble avoir parfaitement connue. Le temple de Sérapis était un des grands foyers de la culture païenne, des études médicales et alchimiques. Le fanatisme

chrétien, dit-on, par l'intermédiaire des moines, ameutés à la voix du patriarche Saint-Cyrille, détruisit cette école d'arts et de sciences, qu'il fallut plusieurs siècles pour reconstituer. Quoi qu'il en soit de ce fait historique dont le récit est contesté par de bons juges en la matière, ces destructions funestes marquent la fin de la culture hellénique refugiée dans ces laboratoires, que l'on ne se contentait pas de détruire : on ajoutait à la destruction la calomnie, et l'on montrait aux populations fanatisées les restes des victimes humaines que les prêtres de Sérapis sacrifiaient à leur dieu. « Il semble », dit M. Berthelot, « que les expérimentateurs proprement dits aient disparu en Egypte avec leurs laboratoires .... La persécution à la fois politique et religieuse qui atteignit les adeptes, peut faire comprendre pourquoi ils se cachaient avec tant de soin, sous le voile doublé des pseudonymes et des apocryphes. Leurs précautions furent telles que nous avons peine, aujourd'hui, à retrouver les indices et les caractères primitifs de ce qu'ils ont été. »

L'art sacré ne périt pas cependant entièrement. L'utilité de ces pratiques était évidente pour l'industrie des métaux, des verres, des poteries, des teintures, travaux si fort honorés à Constantinople. D'autre part, cet art sacré excitait, par ses théories, les espérances illimitées de ceux qui poursuivaient la pierre philosophale et l'élixir de longue vie. Stéphanus d'Alexandrie est un des derniers commentateurs démocritains, et à côté d'ouvrages sur la médecine et l'astrologie, il nous laisse neuf leçons sur la chimie que nous possédons presque en entier. Ce ne fût point un expérimentateur mais un poète ; il s'exclame en phrases telles que celle-ci : « Métal de la magnésie, par toi s'exécute l'œuvre mystérieuse.... ô fleur charmante des philosophes praticiens.... ô lune empruntant ta lumière à celle du soleil ! »

A Stéphanus succède toute une littérature de poètes alchimiques depuis Héliodore jusqu'à Archelaüs, Théophraste et Hierothée. Mais il n'y a rien à tirer de positif d'une semblable phraséologie.

Si les auteurs illustres cessent à cette époque, les commentateurs abondent. On reprend en les résumant les traités des anciens maîtres, on interpose des formules nouvelles, on dénature souvent leurs théories. Pratiquement on cultive la chimie à Constantinople, l'invention du feu Grégeois l'atteste non moins que les écrits des moines Cossuas, Psellus, Blemmydas. Pendant ce temps les Arabes

prenaient possession des connaissances chimiques grecques; les noms d'alchimie, d'alambic sont grecs, avec l'addition de l'article arabe. Les vieux maîtres grecs sont cités dans les livres arabes. A la fin du VIIIe siècle, Géber (Aldjaber) compose un ouvrage avec une réelle méthode. Il cite avec clarté les opérations à faire, et étudie les métaux avec un esprit qui serait vraiment scientifique s'il ne donnait dans le travers des alchimistes grecs, perpétué au moyen âge, de croire à la possibilité de fabriquer les métaux de toutes pièces.

Les études de Géber furent continuées avec ardeur par les Arabes de Bagdad et d'Espagne. De nombreuses découvertes enrichirent la science et l'industrie : l'alcool, l'eau forte, l'huile de vitriol, le sublimé corrosif, le nitrate d'argent. Il existe sur ces matières de nombreux ouvrages arabes et hébreux, pour la plupart inédits. Enfin des Arabes, les études chimiques revinrent en Occident au temps des croisades, vers le XIIIe siècle.

III

Les Faits. — Ce qui domine dans les efforts de l'alchimie vers un idéal que la chimie moderne poursuit avec non moins de persévérance, c'est l'ensemble de faits pratiques, le côté expérimental des préparations qui avaient pour but le traitement des minerais, des métaux, des alliages. L'étude de l'alchimie est en somme l'étude des procédés métallurgiques; les progrès de la métallurgie marquent les progrès de l'alchimie.

C'est en Egypte, mère de toutes les industries, que l'on retrouve l'origine des premiers traitements des métaux, et par conséquent, les premiers laboratoires. Sur les monuments égyptiens on retrouve soit comme inscription, soit comme couleur propre à chaque métal, la série des métaux rangée dans l'ordre suivant : l'or, l'asem (ou alliage d'or et d'argent), l'argent, le lapis-lazuli, ou minéral bleu, l'émeraude, ou minéral vert, l'airain (bronze ou cuivre), le fer, le plomb.

M. Berthelot fait pour chacun de ces métaux ou minéraux, une courte et sobre monographie qu'il est bien curieux de lire, et où fourmillent les observations les plus intéressantes.

Chaque phrase, chaque mot vous met sur la piste d'une idée nouvelle. Tantôt l'interversion de l'ordre ordinaire assigné à la valeur de l'or et de l'argent, lui suggère l'idée de l'interversion à certaines époques du rapport de valeur entre les deux métaux, idée originale et que nous ne nous souvenons pas d'avoir rencontrée ailleurs. Tantôt, pour signaler l'identité de sens entre les mots *electrum* et *laiton*, il découvre une phrase de l'époque, du moyen âge, ainsi conçue : « Il se donnait la discipline avec les chaînes d'électrum ou de laiton. » Tantôt enfin sa connaissance profonde du grec lui permet des distinctions et des rapprochements auxquels ne songerait pas un chimiste moins versé dans la langue d'Aristote. Enfin les recherches à travers les manuscrits, l'observation de listes comprenant la nomenclature des métaux, et leur signes symboliques, l'amènent à des rapprochements curieux et à des échappées ingénieuses sur le jugement que porteront sur nous, et sur nos théories modernes, les siècles futurs. « Ceux qui liront dans quelques siècles le mot générique *éther* appliqué à des corps aussi dissemblables que l'éther ordinaire, le blanc de baleine, les huiles, la nitro-glycérine, la poudre-coton, le sucre de canne, sans connaître les théories destinées à grouper tous ces corps, unis sous la définition d'une fonction commune, n'éprouveront-ils pas aussi quelque embarras ? »

Qu'étaient-ce que les laboratoires, où l'on travaillait à cette époque reculée ? C'étaient alors les mêmes chimistes qui préparaient les médicaments et qui s'occupaient de transmutation. De même aujourd'hui les mêmes savants s'occupent à la fois de chimie minérale et de chimie organique. En Egypte il devait y avoir formules religieuses, prières et incantations, comme plus tard au moyen âge invocation cabalistique.

Il reste peu ou pas de traces de l'emplacement de ces laboratoires, et le seul indice que l'on connaisse, dû à une observation de M. Maspero, est relatif à un laboratoire ou atelier de faux monnayeurs ou d'alchimistes qui ne semble pas antérieur au VIe ou VIIe siècle de notre ère.

De la revue rapide, faite par M. Berthelot, des connaissances que l'on possédait sur la nature des métaux, il résulte que les anciens chimistes, Égyptiens ou alchimistes, considéraient la matière comme une, inaltérable à l'état ordinaire, et susceptible de

prendre sous l'action du feu, de la fusion, de la calcination, des couleurs différentes. Ils avaient remarqué la coloration ou la décoloration du verre fondu sous certaines influences, et ils étendaient à tous les corps les mêmes propriétés, sous l'action de réactifs, et de traitements à découvrir. Ainsi le cuivre pouvait être durci et rendu inaltérable comme l'or, ou blanchi comme l'argent, et cela non superficiellement, mais dans la masse.

Il faudrait citer tout ce chapitre si profond sur la teinture des métaux. M. Berthelot fait saisir sur le vif les déductions logiques des esprits quelquefois si distingués qui poursuivaient le rêve de la transmutation des métaux. L'auteur, qui ne se plaît pas aux généralisations, s'est départi dans ce chapitre de sa réserve ordinaire, et les conclusions qui marquent un peu partout dans le reste de l'ouvrage, s'élèvent ici à une hauteur de vues vraiment philosophique. Le mélange de recettes réelles, positives et de procédés chimériques, exposés avec bonne foi dans les manuscrits, lui suggère, entre autres, la réflexion suivante :

« Comment cette expérience qui prétendait à un résultat positif et tangible, et qui échouait toujours, en définitive, a-t-elle pu rencontrer une foi si persistante et si prolongée ? C'est ce que l'on s'expliquerait difficilement si l'on ne savait avec quelle promptitude l'esprit humain embrasse tout préjugé qui flatte ses espérances de puissance ou de richesse, et avec quelle ardeur crédule il y demeure obstinément attaché. »

IV

Les théories grecques. — Il ne faut cependant pas croire que l'alchimie fût, même pour ses premiers adeptes, une science purement empirique. Au moment où l'on voit apparaître à Alexandrie les premiers écrits alchimiques, on constate leur attachement aux théories de Platon, ou d'Aristote, à celles des sages de la Grèce. Thalès de Milet avait le premier établi que l'eau était la matière première dont tout est sorti. Anaximène, plus observateur des phénomènes de la nature, admet que l'air est le principe des choses : raréfié, il devient du feu; condensé, il forme les nuages, l'eau, la terre, les pierres. Plus tard, Parménide, Ohymès, généralisant

encore, réduisent le tout (τό πᾶν) à une essence unique, éternelle, immobile. Héraclite est frappé par les transformations perpétuelles des choses : « Ce qui vit et se meut dans la nature, c'est le feu, l'âme ou souffle, principe mobile et perpétuellement changeant, substance première des choses. » Un peu plus, cela ne nous rappellerait-il pas nos théories physiques actuelles, sur la transformation des forces, et sur la théorie mécanique de la chaleur? Empédocle crée la doctrine des quatre éléments : cette doctrine a présidé à toute la chimie jusqu'à Lavoisier.

Au contraire d'Empédocle, d'autres philosophes, et surtout les Pythagoriciens, loin d'admettre des mélanges d'éléments toujours fixes dans leur essence, ramènent tout à l'unité, génératrice des nombres. Les monades se combinent en cube pour constituer la terre, en tétraèdre pour le feu, en octaèdre pour l'air, en icosaèdre pour l'eau. Ces conceptions rappellent nos idées atomiques actuelles sur la structure probable des corps.

« L'esprit humain a besoin de créer à ses conceptions une base immuable et sensible, cette base fût-elle purement fictive. Les éléments mobiles et transformables d'Héraclite étaient déjà devenus les éléments fixes d'Empédocle, et ceux-ci avaient pris une forme figurée et visible aux yeux des Pythagoriciens. » Cependant contrairement à ce que l'on pourrait croire, au moyen âge, comme dans les écrits des alchimistes grecs, il n'est pas question de théorie atomique, et le nom même d'atome n'est presque pas prononcé.

M. Berthelot établit clairement, par des citations nombreuses du Timée de Platon, l'affinité frappante entre les opinions des alchimistes grecs byzantins et les théories du grand philosophe. Il indique la similitude de ces conceptions avec celle de Stahl, et de son phlogistique au XVIIIe siècle. Il est facile de suivre la filiation de ces idées de Platon, à travers les théories exprimées par les auteurs alchimistes. Seulement le feu, le phlogistique, devient quelquefois le mercure des philosophes, dont la faculté d'amalgamation étonne et préoccupe nos savants du moyen âge. Frappés par la formation d'alliages métalliques diversement nuancés, surpris par la coloration des verres et émaux, au moyens des sels métalliques, surtout du cuivre, les alchimistes ont vu la confirmation de la notion de la matière première, une, et polymorphe, telle

que nous la trouvons dans Platon. Comme on voit, cette notion ne leur vint pas d'inspiration, *a priori*.

THÉORIES DES ALCHIMISTES, ET THÉORIES MODERNES. — D'ailleurs, l'alchimie ne procédait pas par révélations. Sortis de la pratique du laboratoire, les alchimistes cherchaient et croyaient trouver une explication satisfaisante des faits qu'ils venaient de constater. Nulle part ils n'admettent le miracle, malgré les formules magiques dont ils aimaient à s'entourer, peut-être pour se mieux dissimuler aux yeux des profanes. « Les théories essentielles de leur philosophie se réduisent à un petit nombre d'idées claires, plausibles, et dont certaines offrent une analogie étrange avec les conceptions de notre temps. »

D'après les adeptes de l'école grecque, tous les corps peuvent se réduire à une matière première, fondamentale, qui est le *mercure des philosophes*. Prenant un corps quelconque, le mercure ordinaire, par exemple, pour le transformer en mercure des philosophes, il suffit de lui enlever la mobilité, c'est-à-dire une eau ; la volatilité, c'est-à-dire un air ; enfin un élément terrestre, une terre. Et en opérant d'une façon analogue sur un corps quelconque, on pouvait le ramener à ce mercure idéal qu'il suffisait ensuite de teindre par le soufre, par l'arsenic, pour le transformer en or précieux. On n'avait pas encore de notion pondérale de la transformation des corps, et les doctrines qui ont duré jusqu'à Lavoisier paraissaient logiques aux meilleurs esprits (1).

C'est qu'il manquait aux anciens alchimistes la notion des corps simples. Les transformations successives d'un produit formant un cycle complet, empêchaient la distinction précise du corps simple. Un minerai de fer, un oxyde, se transformait par l'action du feu en fer métallique; ce même fer plus aisément encore se transformait en rouille, retournait à l'oxyde primitif. Quel était le corps simple? Lavoisier l'a établi, la balance en main.

Cette connaissance des corps simples est la barrière de fait qui nous est imposée si nous voulons pousser plus loin la division élémentaire des corps. — Nos expériences de laboratoire s'y arrêtent, mais non pas notre esprit.

(1) Nous disons jusqu'à Lavoisier, pour nous conformer à la tradition commune. — Une érudition et des recherches nouvelles semblent donner un précurseur à Lavoisier. — Voir la très curieuse étude de M. Charles Henry, bibliothécaire de la Sorbonne, au sujet d'une préface inédite de Diderot.

M. Berthelot résume ici avec concision, et dans une langue magistrale, les théories des équivalents, des poids atomiques, les conceptions des familles naturelles chimiques, les séries périodiques. — Il faudrait non plus résumer, mais citer textuellement cette revue rapide, mais complète « des conceptions par lesquelles l'intelligence essaye de représenter le système général de la nature ». Avec une impartialité que nous devons admirer, car elle lui coûte à certains égards, M. Berthelot expose toute la théorie si séduisante et si simple des équivalents multiples les uns des autres, théorie singulièrement fortifiée par l'observation des corps isomères et polymères.

L'épreuve expérimentale souvent essayée n'a pas encore sanctionné ces intuitions hardies; « c'est la seule barrière qui nous garantisse contre les rêveries mystiques d'autrefois. » M. Berthelot, malgré sa modestie, ne peut s'empêcher d'ajouter que les théories relatives aux chaleurs spécifiques et au travail de la chaleur s'opposent parfois non moins énergiquement que l'insuccès expérimental, à la conception générale de corps différents, provenant de la condensation diverse d'un même principe fondamental.

Ce que M. Berthelot n'ajoute pas, c'est la part qui lui revient dans ces recherches de thermo-dynamique auxquelles il ne manque qu'un vulgarisateur pour exciter l'admiration des esprits les moins familiers avec les hautes spéculations de la science.

M. Berthelot lui même cède cependant à son tour à la tentation d'expliquer la constitution de nos corps simples. Les théories développées par lui devant la Société chimique en 1863 sont faites pour séduire un esprit géométrique, comme dirait Pascal.

La matière fondamentale animée de mouvement différent, expliquerait les propriétés différentes des corps. « La transmutation d'un élément ne serait alors autre chose que la transformation des mouvements qui répond à l'existence de cet élément, et qui lui communique ses propriétés particulières dans les mouvements spécifiques correspondant à l'existence d'un autre élément. »

Mais sagement, M. Berthelot s'arrête, refuse d'aller plus en avant et conclut ainsi : « La plupart des hommes ne supportent pas de demeurer suspendus dans le doute et l'ignorance; ils ont besoin de se forger des croyances, des systèmes absolus en science comme en morale..... L'intelligence procède par analogies, et elle tourne dans

un cercle d'imaginations abstraites qui ne varient guère. » Par la théorie du fluide éthéré et des tourbillons, nous retournons tout à fait aux idées d'Héraclite, au mercure des philosophes ; « nos théories présentes paraîtront probablement aussi chimériques aux hommes de l'avenir que l'est aux yeux des savants d'aujourd'hui, la théorie du mercure des vieux philosophes. »

« Ce n'est pas que de tels systèmes ne soient utiles dans la science, ils servent à exciter et à soutenir l'imagination des chercheurs. Ceux-ci se résignent difficilement à rester sur le pur terrain expérimental, et ils sont poussés dans la région des constructions et des théories par ce besoin d'unité et de causalité inhérent à l'esprit humain..... Mais, quelle que soit la séduction exercée par ces rêves, il faudrait se garder d'y voir les lois fondamentales de notre science, et la base de sa certitude, sous peine de retomber dans un enthousiasme mystique pareil à celui des alchimistes. »

On ne saurait mieux dire, et sur ces sages paroles nous terminons le résumé un peu aride d'un ouvrage que nous avons cru utile de faire mieux connaître.

Nous le répétons : comme toute l'œuvre de M. Berthelot, ce nouvel ouvrage est une collection de notes précieuses recueillies au courant de l'inspiration ou de la lecture et classées suivant un programme logique. On aime à suivre jusque dans ses moments de recréation le travail de cet esprit puissant, dont la profondeur est inconnue au vulgaire, lequel ignore la révolution imprimée par lui à la chimie moderne. — Il est peut-être bon de faire connaître davantage parmi nous et de répéter tout haut ce que se disent entre eux les adeptes, en France et surtout à l'Étranger, à savoir que si M. J.-B. Dumas a été notre plus brillant maître, l'auteur des *Origines de l'Alchimie* a été le plus grand chimiste que nous ayons eu depuis Lavoisier.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Condensation de la vapeur dans les cylindres des machines. — Appareil de Solms pour commande de distribution dans les machines à vapeur. — Machines à triple expansion. — Le canon Zalinski. — Voyageurs sur les chemins de fer anglais.

Condensation de la vapeur dans les cylindres des machines.

Le *Journal of the Franklin Institute* a publié un important mémoire de MM. Gately et Kletzsch, sur leurs recherches expérimentales au sujet de la condensation de la vapeur dans les cylindres des machines, mémoire présenté à l'Association américaine pour l'avancement des sciences.

Un résumé de cet important travail a été donné par M. D. K. Clark dans les extraits annexés aux publications de l'*Institution of Civil Engineers*. Nous en donnons ci-dessous la traduction.

Le professeur R. H. Thurston, dans un mémoire publié en 1882, indiquait que la fonction qui détermine la perte par la condensation dans le cylindre d'une machine à vapeur est déterminée par la surface, la durée du contact, la différence des températures et la quantité ainsi que la nature de la vapeur. Il en concluait qu'en pratique on pouvait considérer la perte due à cette cause, comme variant proportionnellement à la racine carrée du taux de l'expansion de la vapeur. En 1884 MM. Gately et Kletzsch ont eu la possibilité d'exécuter des recherches pratiques sur cette question avec une machine de 250 chevaux installée à Sandy Hook.

Cette machine du type Harris Corliss avait un cylindre de $0^m,458$ de diamètre et 1,066 de course, ce cylindre était sans enveloppes, mais bien protégé à l'extérieur par des matières non conductrices. La machine était à condensation par injection.

La vapeur était fournie par trois chaudières cylindriques de $1^m,05$ de diamétre et $5^m,30$ de longueur, contenant chacune un foyer cylindrique et 37 tubes de 75 millimètres de diamètre. La surface de chauffe de chaque chaudière était de 57 mètres carrés.

Le travail était mesuré par un frein de Prony dont la construction est donnée dans le mémoire avec le détail des expériences. Celles-ci duraient en moyenne deux heures chacune.

Il y a eu quatre séries d'essais.

Dans la première la machine marchait à condensation avec la même pression et la même vitesse, mais à différentes introductions. La

pression était maintenue à 4.25 kilogs de pression effective par centimètre carré, la vitesse ne s'écartant pas sensiblement de 68 tours à la minute. Le tableau suivant donne la condensation au cylindre, obtenue par la différence entre l'eau d'alimentation jaugée et la vapeur accusée par le diagramme d'indicateur au moment de la fermeture à l'admission pour diverses introductions.

Nous ferons observer que dans ce tableau, comme dans les suivants, chaque chiffre donné pour la condensation est la moyenne d'un certain nombre d'observations.

NOMBRE de tours.	ADMISSIONS en centièmes.	PRESSION à la fin de l'admission.	CONDENSATION en centièmes.
68.25	58.9	4k,37	22.73
67.45	44.3	4k,85	27.08
67.32	33.0	4k,40	33.87
68.95	3.1	3k,48	50.07

On voit que la condensation croît rapidement avec la durée de la détente. Les valeurs obtenues disposées sous forme graphique donnent une hyperbole, ce qui indique, comme l'avait annoncé le professeur Thurston, que la condensation varie comme la racine carrée de l'expansion.

Dans la seconde série d'expériences, la machine fonctionnait encore à condensation; on maintenait constante la pression et la détente et on faisait varier la pression.

NOMBRE de tours.	ADMISSION en centièmes.	PRESSION effective à la chaudière.	PRESSION ABSOLUE à la fin de l'admission.	CONDENSATION en centièmes.
		kg.	k.	
69.02	20.8	5.68	5.59	35.24
70.72	20.6	4.75	4.75	47.83
71.72	24.4	3.71	3.71	36.84
68.91	21.2	2.68	2.82	41.43
67.92	24.2	1.58	1.90	41.19

On voit que la condensat on augmente légèrement avec la réduction de la pression ; mais il paraît y avoir dans cette série des anomalies dues sans doute à des erreurs.

Dans la troisième série d'expériences, la machine fonctionnait à échappement libre, mais, pour le reste, dans les mêmes conditions que pour la seconde série, c'est-à-dire vitesse et détente constantes et pression variable.

NOMBRE de tours.	ADMISSION en centièmes.	PRESSION effective à la chaudière.	PRESSION ABSOLUE à la fin de l'admisson.	CONDENSATION en centièmes.
67.98	41.2	k. 4.97	k. 4.64	10.85
68.57	42.0	3.13	3.58	23.51
67.51	40.1	2.37	(?)	15.92
66.42	46.6	1.54	2.00	27.34

Dans le second essai de cette série le taux de la condensation paraît exagéré, mais les trois autres chiffres montrent bien un accroissement de la condensation avec la réduction de pression, comme du reste avec la marche avec le condenseur.

La dernière série d'expériences a été faite à condensation avec pression et détente constantes et vitesse variable. L'admission avait lieu pendant toute la course.

NOMBRE de tours.	ADMISSION en centièmes.	PRESSION effective à la chaudière.	PRESSION ABSOLUE à la fin de l'admission.	CONDENSATION en centièmes.
62.98	93.8	k. 1.35	k. 1.94	24.37
50.30	96.1	1.35	2.02	28.75
33.74	98.1	1.40	2.03	33.51

Ces recherches, bien que faites avec beaucoup de soin et d'une manière très méthodique, ne doivent toutefois, d'après le professeur Thurston, être considérées que comme un premier pas dans l'étude de la question.

(?) Le chiffre manque dans le mémoire original.

Appareil de Solms pour commande de distribution dans les machines à vapeur *(suite).*

« Je vais passer à l'application à un bateau à vapeur de la force de 220 chevaux, du modèle du *Veloce*, de la marine royale,

La figure 1 représente l'élévation de l'une des deux machines, vue de l'intervalle qui les sépare.

Le piston est à l'extrémité de sa course et l'excentrique est au milieu de la sienne.

L'arbre A traverse l'intervalle des deux machines et est porté par deux supports B, fixés chacun à l'entablement des colonnes qui supportent le bâtis. Les extrémités de cet arbre portent deux pièces à rainure C, qui sont parallèles et reçoivent des galets ou des pièces glissantes mobiles sur un tourillon latéral à l'extrémité des barres d'excentrique D.

Le levier E, fixé sur l'un des côtés de l'arbre A, sert à le manœuvrer et à placer les pièces à rainure C dans les diverses positions qu'elles doivent prendre pour le sens de marche demandé ou l'arrêt des machines.

Un écrou à oreilles G sert à fixer le levier E au moyen de boulons à patte contre un segment en fer H attaché aux colonnes du bâti et soutenu, au besoin, par des pièces verticales faisant balustrade devant l'extrémité du balancier.

Dans la prévision d'une résistance un peu forte pour le tiroir, et pour que la manœuvre puisse se faire par un seul homme, le segment H est denté et un pignon I, dont l'axe traverse le bout du levier E, lui donne le mouvement au moyen d'une manivelle K.

Le levier porte, près de l'arbre A, un petit tourillon latéral recevant l'extrémité d'une bielle L, destinée à transmettre le mouvement du tiroir d'injection d'eau au condenseur au moyen du levier M, fixé snr l'arbre N, traversant l'intervalle des deux machines et faisant mouvoir pour chacune d'elles un autre levier O communiquant par la bielle P et le petit levier Q à l'arbre R placé contre chaque condenseur un mouvement qu'il transmet par un petit levier égal à Q à la bielle S attachée au tiroir d'injection.

La transmission du mouvement au tiroir se fait au moyen de la bielle T attachée à un point de la barre d'excentrique D, déterminé par l'avance qu'on veut donner au tiroir.

L'autre extrémité de la bielle T porte une encoche qui reçoit le tourillon du levier U fixé sur l'arbre V porté sur les deux bâtis de la machine, et transmettant son mouvement d'oscillation par sa petite bielle X à la pièce Z pivotant librement sur le milieu de l'arbre du parallèlogramme et à laquelle est attaché le tiroir.

Pose et régularisation.

La position de l'arbre A se prend où elle se trouve être la plus commode ; il suffit que la barre d'excentrique et la bielle qui y est

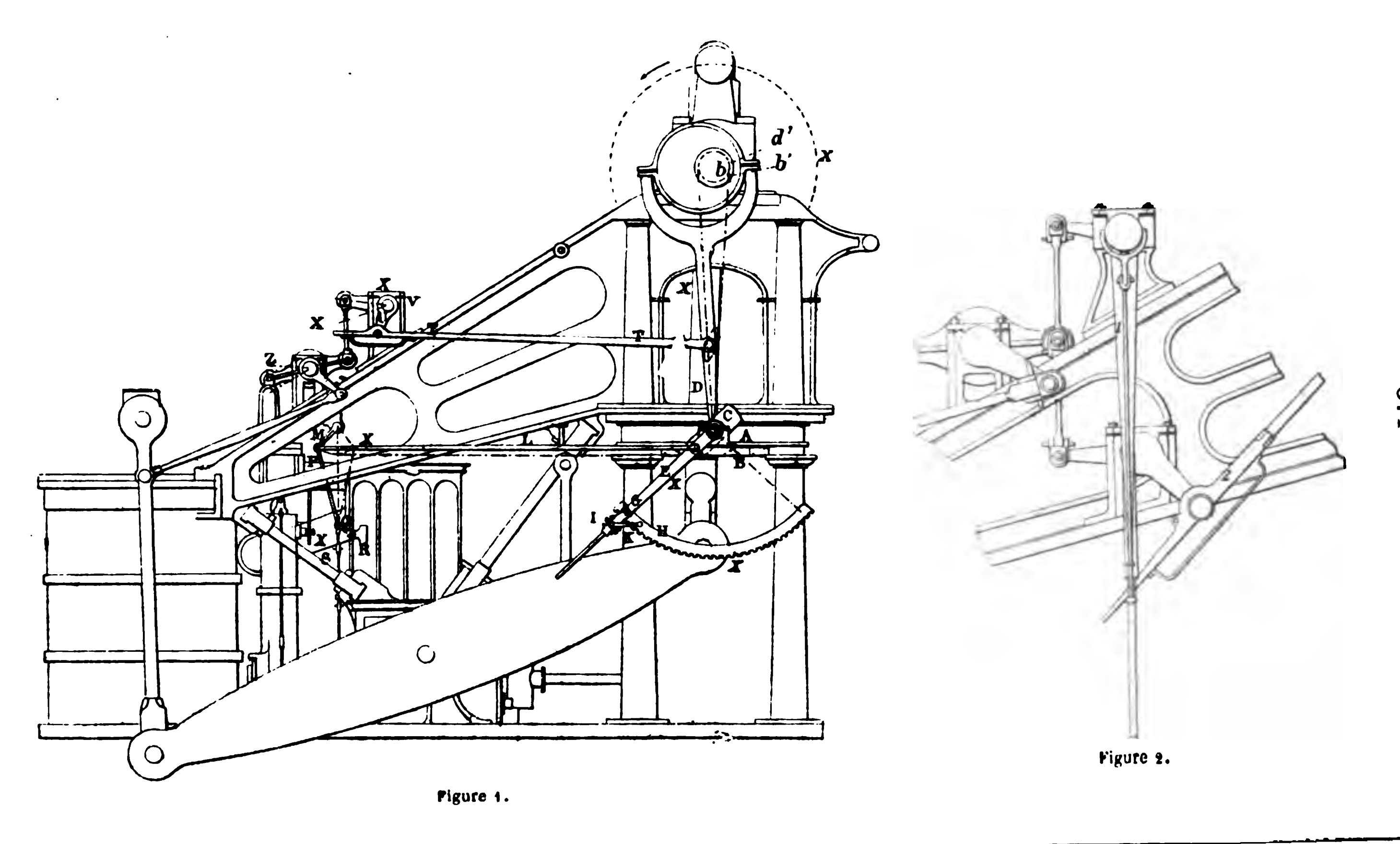


Figure 1.

Figure 2.

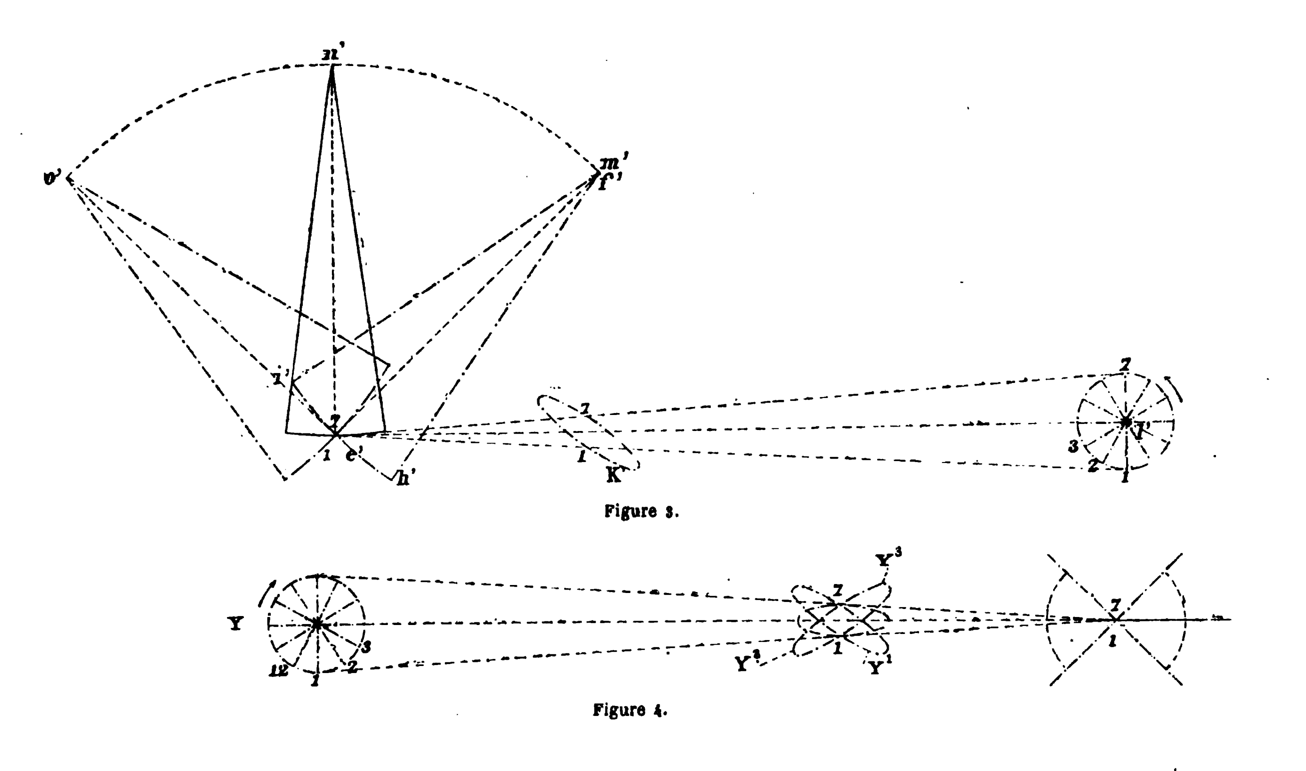


Figure 3.

Figure 4.

attachée fassent à peu près un angle droit dans leurs positions moyennes.

Dans les machines du modèle du *Véloce*, le rayon de l'excentricité est de $0^m,125$ et, les divers leviers du mouvement du tiroir étant égaux, leur course est, comme celle du tiroir, de $0^m,25$; la hauteur des orifices du cylindre est de $0^m,12$, celles des bandes est de $0^m,18$; par conséquent il y a $0^m,06$ de recouvrement. La distance des arêtes extérieures des tiroirs est égale à la distance des orifices afin qu'il n'y ait pas de discontinuité dans la condensation. Quand les unes ou les autres coïncident, le tiroir est à la demi-course.

Il faudra donc qu'entre ce moment et celui où le piston et sa manivelle sont à l'extrémité de la leur, le tiroir ait marché de tout le recouvrement pour être prêt à découvrir l'orifice d'entrée de vapeur au cylindre, pendant que celui de sortie au condenseur continuait à s'ouvrir depuis la position du tiroir à la demi-course.

Le centre de l'arbre de manœuvre étant donné en a' et le cercle de l'excentrique tracé du centre b' qui est celui de l'arbre sur lequel se posent les excentriques, je tire la ligne a' b' qui réunit les deux centres, le diamètre c' d' perpendiculaire à a' b' et les deux lignes a' c', a' d' qui représentent les axes de la tige d'excentrique dans ces deux positions à demi-course.

La manivelle est au bout de sa course en haut, le sens du mouvement indiqué par la flèche y et le point c' pris pour centre de l'excentrique. Dans cette position de la machine, le tiroir inférieur doit être prêt à découvrir, en descendant, l'orifice du bas du cylindre (1).

Pour cela, il faut que la bielle horizontale T pousse vers le cylindre, ce qui détermine le sens d'inclinaison des rainures C. J'aurais pu tout aussi bien prendre le centre de l'excentrique en d', mais, pour le même sens du mouvement, il aurait fallu incliner les rainures C à l'inverse.

Il reste à déterminer le point d'attache de la bielle T qui donnera au tiroir l'avance voulue de $0^m,06$, malgré que l'excentrique soit à demi-course. A cet effet, ayant incliné dans le sens voulu et à 45 degrés, par exemple, le chemin de l'extrémité des bielles d'excentrique, je trace les ellipses décrites par différents points de cette bielle d'excentrique dans un tour entier de la manivelle et je choisis celle qui convient le mieux à l'ensemble du mécanisme et je transmets au tiroir la course horizontale qu'elle donne par l'autre extrémité de la bielle T et le levier proportionnel U.

J'aurais pu facilement donner au point d'attache de la bielle T la même course que le tiroir, soit en inclinant davantage les rainures C ou en prenant un plus grand rayon d'excentricité, mais le désir

(1) Il ne faut pas oublier qu'il s'agit ici des anciens tiroirs en D introduisant par les arêtes intérieures et évacuant par les extérieures. A. M.

de faire voir qu'on pouvait conserver une pièce majeure comme l'excentrique et aussi de ne pas exercer un effort trop grand sur les chemins inclinés, m'a déterminé pour les proportions que j'ai indiquées, dans lesquelles les leviers du mouvement du tiroir, au lieu d'être égaux sont dans le rapport de 3 à 4 environ, ce qui ne peut avoir aucun effet nuisible, même pour les temps perdus quand les mouvements s'usent.

C'est ici le moment de faire remarquer qu'ils peuvent toujours être compensés par le mécanisme lui-même. Il s'agira tout simplement d'incliner un petit peu plus les chemins des bielles d'excentrique, ce qui donnera un supplément de course pour remplacer celle perdue dans le jeu des articulations; c'est pour cela que j'ai figuré quelques dents de plus de chaque côté au segment qui fixe le levier de manœuvre.

Il est superflu de dire que, pour une machine sans détente ni avance à la condensation, le point d'attache de la deuxième bielle serait à l'extrémité de celle de l'excentrique.

Mouvement.

Les machines étant toutes deux réglées de la même manière, et leurs manivelles, ainsi que les excentriques, d'équerre les unes sur les autres, le piston de la première étant au bout de sa course, l'autre est à moitié de la sienne et son tiroir tout ouvert à l'entrée de la vapeur, ce qui détermine la mise en train des deux.

Si tôt que le mouvement a commencé, le tiroir de la première s'ouvre à la vapeur, elle contribue au mouvement et à son tour l'entretient pendant le passage de la deuxième à ses points morts. »

(A suivre.)

Machines à triple expansion. — Voici quelques nouveaux détails sur le développement dans la marine des machines à triple expansion dont nous avons eu déjà fréquemment occasion de parler et dont nous avons signalé l'origine absolument française, origine que des publications récentes, émanant d'auteurs qui devraient être bien informés, semblent complétement ignorer.

En 1885, les chantiers du Royaume-Uni n'ont pas construit moins de *soixante-deux* navires pourvus de machines à triple expansion. Le nombre aura été encore bien plus considérable cette année. Voici quelques renseignements relatifs à de grosses machines de ce type en construction pour la marine britannique. Nous avons, dans la chronique de février 1886, page 184, donné déjà les éléments principaux des machines à triple expansion construites par John Elder, à Glasgow, pour les steamers du Nord Deutscher Lloyd *Aller*, *Trave* et *Saale*.

	Renown et *Sanspareil*	*Nile* et *Trafalgar*	*Aurora* et *Immortalité*	*Serpent* et *Racoon*
Puissance indiquée collective.	12.000	12.000	8.500	4.500
Diamètre des cylindres H. P.	0m966	1m090	0m915	0m661
— intermédiaires	1 474	1 574	1 296	0 940
— B. P.	2 240	2 440	1 982	1 450
Course des pistons	1 220	1 296	1 066	0 838
Pression aux chaudières . . .	9kg25	9kg60	9kg25	10kg
Poids total	1.250.000kg	1.207.000kg	920.000kg	437.000kg
— par cheval indiqué . . .	104	100	108	97
Vitesse projetée en nœuds . .	16 1/2	16 1/2	19	17

Il y a également en construction dans les ateliers de la Grande-Bretagne trois machines de 2,000 chevaux et une machine de 13,000, et un marché vient d'être passé pour la fourniture des appareils moteurs du cuirassé italien *Re Umberto*, d'une puissance collective de 19,500 chevaux indiqués.

En Allemagne, presque tous les torpilleurs construits par Schichau, d'Elbing, pour les marines allemande et chinoise, ont des machines à triple expansion. Les torpilleurs de première classe ont trois cylindres respectivement de 0m,550, 0,880 et 1m,250 de diamètre avec 0,550 de course; la pression à la chaudière est de 10 kilogrammes.

En France, il a été fait depuis quelques années un certain nombre de machines à triple expansion dont les plus puissantes sont celles des nouveaux paquebots de la Compagnie générale transatlantique.

Aux États-Unis, il en a été fait trois ou quatre de petites dimensions.

Un exemple à citer est le remplacement des machines Compound des paquebots *Parthia* et *Batavia* par des machines à triple expansion. En 1883 le premier de ces navires dépensait 47 tonneaux de charbon par 24 heures pour une vitesse de 11 nœuds; en 1885-86, avec les nouvelles machines, la consommation s'est abaissée à 25 tonneaux pour la même vitesse. Sur le *Batavia* les consommations relatives ont été 40 et 21.

Il n'a encore été construit que quelques machines à quadruple expansion, les premières ayant été celles du yacht le *Rionnag-na-Mara*. Cette machine a trois manivelles et six cylindres dont trois de 0m,180, un de 0m,408, un de 0m.557 et un de 0m,863 de diamètre, la course

étant pour tous de 0m,610. Dans un essai de trois heures effectué le 2 avril 1886, avec 12 kilogs de pression aux chaudières, la machine a développé 412 chevaux en consommant 0 kg. 509 de combustible par heure, ce qui donne une économie de 40 pour cent sur les bonnes machines Compound et de 17 pour cent sur les machines à triple expansion de même puissance.

MM. Denny ont en main un appareil à quadruple expansion devant fonctionner à 11 1/2 kilogs de pression, destiné au steamer *Jumna* de 5,200 tonneaux de déplacement.

Le canon Zalinski. — Le canon à air comprimé dû au lieutenant Zalinski, de l'armée des États-Unis, n'est point, comme certaines personnes l'ont cru, un canon dans lequel l'inventeur s'est simplement proposé de remplacer la poudre par l'air comprimé; c'est un engin destiné à projeter à de grandes distances des projectiles d'une puissance d'explosion formidable qu'on ne pourrait probablement lancer avec un canon à poudre sans risquer d'amener la destruction plus ou moins immédiate de la pièce.

Le canon installé au Fort-Lafayette a 0m,20 de diamètre intérieur seulement et 18 mètres de longueur; il est en fer avec une chemise en bronze. Une soupape admet l'air comprimé. Celui-ci provient d'un reservoir de 4 mètres cubes environ de capacité formé de huit tubes de 0m,560 de diamètre et 15 millimètres d'épaisseur. Une machine à vapeur agissant sur un compresseur fournit l'air à une pression qui peut atteindre 70 kilogrammes par centimètre carré.

Avec cette pression d'air, en tirant sous un angle de 35 degrès, on a envoyé à 3,600 mètres un obus contenant 27 kilogs de matière explosive.

Avec un angle de tir de 33 degrès et la même pression d'air, un projectile contenant 45 kilogs de charge a été projeté à 2,700 mètres.

Le projectile de forme très allongée contient une petite pile formée de plaques de zinc et de plaques d'argent séparées par de la toile de coton qui a été humectée d'eau salée et séchée de manière qu'il suffit de la mouiller de nouveau pour mettre la pile en action.

L'inflammation peut se produire de deux manières, soit lorsqu'une broche qui termine la pointe du projectile est amenée par le choc au contact d'une autre pièce métallique, soit lorsqu'une broche intérieure est, par l'arrêt brusque du projectile, amenée par l'inertie au contact de cette même pièce.

Les avantages invoqués par l'inventeur sont :

1° La possibilité de projeter à grande distance et avec sécurité des projectiles chargés des explosifs des plus violents, tels que la gélatine explosive ;

2° Une précision incomparablement plus grande que celle qu'on obtient

avec les mortiers ou autres pièces à poudre tirés sous des angles élevés;

3° L'emploi de projectiles chargés d'explosifs dont l'effet sur le pont d'un navire par exemple serait infiniment plus destructeur que celui du plus lourd obus chargé de poudre;

4° Le fait que, sans que le projectile ait besoin de toucher le navire, son explosion à 6 mètres de distance de celui-ci ferait le même effet que l'explosion d'une torpille au contact;

5° La facilité de nettoyer à distance une passe de torpilles sous-marines, en y envoyant quelques projectiles dont la fusée serait disposée de manière à amener l'explosion à l'arrivée du projectile au fond; cette explosion déterminerait infailliblement celles de toutes les torpilles existant dans un certain rayon.

Quelques-uns de ces avantages sont assez importants pour que des spécialistes éminents aient admis que ce système était appelé à jouer un rôle des plus sérieux dans l'armement des côtes ou même dans la guerre maritime.

Les voyageurs sur les chemins de fer anglais. — La tendance des voyageurs à prendre les places les moins chères sur les chemins de fer s'accentue de plus en plus en Angleterre.

Pendant les six premiers mois de 1886, le *London and North Western* a transporté 25,148,651 voyageurs dont 22,457,620 de troisième classe, 1,681,401 de seconde et 986,592 de première. La différence des chiffres partiels et du total est formée par les billets de saison.

Au *Lancashire-Yorkshire*, on a compté 17,139,287 voyageurs de troisième classe contre 931,872 de seconde et 577,537 de première.

Au *Midland*, 13,883,734 de troisième pour 690,510 de première.

Sur les autres lignes il en est à peu près de même.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

AOUT 1886

Rapport de M. BLAVIER sur l'**Allumeur-extincteur pour lampes électriques**, de M. RADIGUET.

Cet appareil a pour objet de permettre l'allumage ou l'extinction des lampes électriques d'un appartement par la simple pression d'un bouton de contact et surtout l'allumage instantané d'une ou plusieurs lampes en même temps que l'extinction de celles dont la lumière est devenue inutile.

Le principe de l'appareil est l'obtention du contact qui ouvre ou ferme le passage du courant par l'attraction d'un électro-aimant où passe le courant d'une source spéciale d'électricité qui est, dans l'espèce, une pile à bichromate de potasse. On conçoit qu'on puisse ainsi facilement allumer ou éteindre à distance les diverses lampes d'une installation d'éclairage électrique.

Rapport de M. Edouard SIMON sur les **lisses sans nœuds**, de MM. CHAIZE frères, manufacturiers à Saint-Etienne.

Rapport de M. PIHET sur le **procédé de sciage des métaux**, de M. REGNARD.

Le sciage des métaux est une industrie relativement récente et qui semble avoir devant elle un champ d'application très considérable, surtout depuis les progrès de la métallurgie qui ont donné naissance au métal homogène, fer ou acier; on emploie des scies alternatives ou des scies à ruban, et on peut obtenir ainsi une quantité d'objets avec rapidité, précision et économie. On peut mentionner, par exemple, les patrons, calibres, gabarits, certaines pièces de machines, etc.

Communication de M. L. APPERT, sur la **fabrication du verre perforé**.

Le verre perforé, dont l'objet est de permettre le renouvellement de l'air des appartements par les vitres mêmes avec une extrême division de cet air, se fait sous forme de feuilles de 3 1/2 millimètres d'épaisseur percées de 5,000 trous au mètre carré et de feuilles de 5 millimètres percées de 2,900 trous au mètre carré. Les trous sont tronconiques, la grande base étant disposée à l'intérieur des pièces, de manière à épanouir les filets d'air et à en faciliter la diffusion.

Comme il serait trop coûteux de percer les trous au foret, on les fait dans le verre en même temps que le moulage ou le coulage et il ne reste plus qu'à déboucher les trous, ce qui s'opère, soit au sable, soit à l'acide fluorhydrique, soit encore par un foret tournant très rapidement. Avec ce dernier procédé, une ouvrière peut déboucher de 2,000 à 2,400 trous à l'heure.

Ce verre peut, en outre, être employé pour remplacer les toiles métalliques dans certaines applications, telles que les garde-manger, etc.

Note à propos du **dépôt central des brevets d'invention**, prescrit par la Convention internationale du 20 mars 1884, par M. Sautter.

Cette note étudie l'organisation des dépôts de brevets en France, aux États-Unis, en Angleterre, Allemagne, Belgique, Autriche-Hongrie, Italie, Espagne et Russie. Cet examen fait ressortir l'incroyable défectuosité de l'organisation française et la nécessité, déjà tant de fois signalée, d'y remédier au plus tôt par des réformes faciles à faire et réclamées depuis longtemps par le public intéressé.

Expériences sur l'explosion des chaudières (traduit du *Wochenschrift der Œsterreischischen Ingenieuren und Architekten Verein*)

Sur la **solubilité de l'oxyde d'antimoine** dans une solution alcaline de glycérine, nouveau mordant pour la teinture du coton, par le docteur H. Kohler (traduit du *Dingler's polytechnisches journal*).

Découverte d'un nouveau métal, par Clemens Winkler (extrait de *la Nature*). Il s'agit du *germanium* découvert dans un minerai d'argent en Saxe par M. Winckler. Ce métal ressemble à l'antimoine au point de vue des propriétés, il est volatile à la chaleur rouge.

Appareil pour mesurer le degré de clarté d'un appartement (traduit du *Dingler's Polytechnisches Journal*).

Théodolite de poche (traduit du *Dingler's Polytechnisches Journal*).

Nouvelle méthode pour la **détermination volumétrique du soufre** (traduit du *Journal of the Society of chemical industry*).

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Aout 1886

Note sur la **réduction du rayon des courbes** et des alignements droits intermédiaires en pays accidenté, par M. Jules Martin, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Par décision en date du 3 mars 1885, M. le Ministre des travaux publics a institué une commission spéciale pour rechercher dans quelles limites il serait possible, en pays accidenté, de réduire les rayons des courbes et la longueur des alignements droits raccordant les courbes de sens contraire.

La commission a arrêté un formulaire qu'elle a adressé aux différentes Compagnies françaises et étrangères et a fait condenser les éléments des réponses obtenues dans un tableau annexé au rapport.

La note examine les faits les plus saillants qui sont signalés dans ce tableau aux points de vue successifs :

1° Du tracé des lignes ;
2° Du type de voie adopté ;
3° Du matériel roulant en circulation ;
4° De la vitesse des trains ;
5° Du trafic des lignes ;
6° Des avantages et des inconvénients qui furent la conséquence des dispositions exceptionnelles admises sur quelques points.

En France, les courbes descendent rarement au-dessous de 300 mètres, et les alignements droits entre courbes et contre courbes rarement au-dessous de 100 mètres ; les longueurs inférieures sont tout à fait exceptionnelles.

A l'étranger, quelques lignes, surtout en Autriche, ont des courbes descendant à 180 mètres et même 150 mètres ; les alignements droits descendent à 50 mètres et exceptionnellement au-dessous.

Les conclusions sont que :

A. Lorsque la réduction du rayon des courbes permettra de réaliser des économies notables, ou pourra adopter des rayons minimums de 250, 200 et 150 mètres, mais sur des déclivités inférieures de 4 à 5 millimètres aux déclivités maximum de la section pour les vitesses de

marche de 45, 34 et 19 kilomètres ne devant jamais dépasser 60, 45 et 25 kilomètres.

B. — Le surhaussement du rail extérieur sera calculé au moyen de la formule théorique.

$$S. = \frac{e\ V^2}{g\ R}$$

dans laquelle e est la largeur de la voie, et R le rayon de la courbe et V la vitesse maxima que les trains de doivent pas dépasser.

C. — Le raccordement de la courbe avec l'alignement droit se fera toujours au moyen d'un arc de parabole et d'un plan incliné dont la pente devra être égale ou inférieure à 0,003. Sur les points cependant où il y aurait intérêt à réduire la longueur de ces raccordements paraboliques entre deux courbes de sens contraire, on pourra admettre des plans inclinés à 0,004 par mètre.

D. — L'empatement rigide des machines devra, autant que possible, ne pas dépasser $3^m,05$, on croit devoir appeler l'attention des ingénieurs sur les avantages que pourraient présenter un léger déplacement latéral des essieux, l'application des boîtes radiales, l'emploi de trucs articulés à un ou deux essieux, pour permettre au véhicule de s'inscrire dans les courbes de petit rayon sans exercer des efforts exagérés sur les rails.

Les conclusions ci-dessus ont été approuvées par la commission dans sa séance du 22 décembre 1885.

Mémoire sur le **calcul des ponts suspendus rigides**, par M. Maurice Levy, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Cette note a été préparée pour servir d'annexe au rapport d'une commission chargée d'étudier les questions relatives aux améliorations que pourrait comporter la construction et la consolidation des ponts suspendus, questions soulevées dans un mémoire présenté par M. Arnodin, constructeur à Chateauneuf-sur-Loire.

Les ponts suspendus rigides sont formés d'une poutre rigide reliée par des tiges de suspension à un câble. De plus dans les ouvrages de grande portée, les parties extrêmes de la poutre sont, en outre, supportées par des haubans partant des sommets des piles ou culées.

1° Des calculs qui forment l'objet de la note, on peut conclure que, plus la charge se rapproche de l'uniformité, moins elle fatigue la poutre et plus au contraire elle fatigue le câble et les tiges de suspension et *vice versa*. Il faut donc déterminer la poutre de façon qu'elle résiste aux plus fortes charges isolées et le câble et les tiges de façon qu'elles résistent aux plus fortes charges uniformes.

2° Pour la poutre, il convient de lui donner un moment d'inertie qui soit environ le tiers de celui qu'on lui donnerait si elle n'était pas reliée au câble.

Si on veut que le pont livre passage à des véhicules à un essieu de 11 tonnes ou à deux essieux de 16 tonnes, ce qui ferait, avec le poids des chevaux, environ 13 tonnes dans le premier cas et 19 à 20 dans le second, on déterminera le moment de flexion M. que la plus forte de ces charges produirait au milieu de la poutre si celle-ci était détachée du câble; on en prendra le tiers et on calculera le moment d'inertie à donner à la section d'après le résultat obtenu.

Si l est la portée, on aurait :

$$M_1 = \frac{Pl}{4}$$

On prendra

$$M = \frac{Pl}{12}$$

et

$$I = \frac{Mh}{2R} = \frac{Plh}{24R}$$

h étant la hauteur de la poutre et R la tension maxima à laquelle on veut la faire travailler.

Toutefois, si l'on veut arriver à la plus grande économie possible de matière et constituer la poutre en solide d'égale résistance, on devra envisager un certain nombre de sections et leur donner le moment d'inertie voulu pour qu'elles résistent à la plus grande fatigue qu'elles puissent éprouver de la part des charges fixes ou mobiles.

3° Dans le câble et les tiges, il faut considérer le poids permanent p_1 et la surcharge uniforme réglementaire.

Toutefois, si on accepte qu'une file de voitures de 16 tonnes pesant 20 tonnes avec les chevaux puisse passer sur le pont, en admettant que chaque véhicule avec son attelage tienne une longueur de 20 mètres, cela suppose 1 tonne par mètre courant de pont, soit 500 kilogrammes par mètre courant de ferme.

Donc, si les prescriptions réglementaires permettaient une surcharge de moins de 500 kilogrammes, il conviendrait de prendre néanmoins cette dernière.

Dans ces conditions, on détermine la section du câble suivant les formules ordinaires.

4° Quant aux tiges de suspension, il parait très exagéré, si on admet des véhicules à un essieu de 11 tonnes, de les calculer de façon que chacune puisse porter la moitié d'une telle charge, puisque les charges isolées, comme nous l'avons vu, se répartiront entre toutes les tiges.

Nous croyons que si, dans le calcul des tiges, on admet une charge uniforme double de celle admise dans le calcul des câbles, et qu'en outre on les fasse travailler seulement au tiers de la tension maxima admise pour les câbles, on aura toute sécurité.

Note sur **les vannes cylindriques** des écluses du canal du Centre, par M. Fontaine, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

On a employé aux nouvelles écluses du canal du Centre, pour le remplissage ou la vidange, des vannes cylindriques qui permettent de faire l'opération en deux minutes seulement.

Il y a deux types de ces vannes, le type haut et le type bas.

La forme caractéristique du premier est celle d'un cylindre creux en tôle mince ouvert à ses deux extrémités et dont la hauteur est telle que le sommet dépasse le niveau de l'eau. A la partie inférieure est disposée une couronne conique par laquelle la vanne repose sur son siège. Si on soulève le cylindre, on livre passage à l'eau; cette disposition a l'avantage de déboucher de larges sections sans effort sensible, la vanne pouvant être équilibrée par des contrepoids de manière à ne conserver de charge que ce qu'il faut pour assurer l'étanchéité.

Le second type a quelque rapport avec la soupape bien connue de Cornouailles; il comporte un siège en fonte relié par des ailettes à une boîte cylindrique fermée à la partie supérieure; dans cette boîte se meut un cylindre en tôle mince qui, lorsque la vanne est fermée, porte à la fois sur le siège inférieur et, par un rebord, sur une bande de cuir fixée à l'enveloppe en fonte. Cette vanne est plus étanche et moins coûteuse que la précédente, elle est due à M. Moraillon, conducteur principal faisant fonctions d'ingénieur au service du canal du Centre.

Observations sur une **Formule de la tension maxima par unité** β à admettre dans une pièce métallique en tenant compte des variations et répétitions d'efforts, par M. Séjourné, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Note sur **le retrait ou foisonnement négatif des terres argileuses**, par M. Thanneur, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Remplacement du pont suspendu de Moranes par un pont métallique en acier.

Le pont sur la Sarthe à Moranes, construit en 1836, ayant besoin d'une restauration complète, une étude faite avec le concours de M. Arnodin, spécialiste bien connu, avait montré que la restauration coûterait 25,000 francs environ, somme qui, additionnée du capital représenté par l'entretien et le gardiennage, dépassait ce que coûterait un pont fixe. Celui-ci étudié avec le concours de M. Eiffel ne devait pas coûter plus de 54,000 francs, dont 44,000 francs pour le tablier métallique à forfait.

Ce projet fut exécuté; il consiste en une travée de 52^{m},10 de longueur totale, laissant 50 mètres d'ouverture libre. Il y a deux poutres

principales de 4 mètres de hauteur à grandes croix de Saint-André séparées par des montants verticaux espacés de 3^m,700. Les pièces de pont, espacées comme les montants, sont en double T; elles ont 0^m,650 de hauteur et 4^m,35 de longueur. Le tablier comprend une chaussée de 2^m,35 et deux trottoirs de 0^m,900. Il est porté par des tôles cintrées sur lesquelles repose une couche de béton et l'empierrement. Toutes les pièces du tablier, sauf les tôles de la chaussée et des trottoirs, sont en acier.

Les calculs ont été faits dans l'hypothèse d'un travail maximum de 9^k,8 pour les poutres principales, 8^k,8 et 7^k,6 pour les barres des treillis, 6^k,7 pour les pièces de pont et 5^k,5 pour le longeron du milieu. Les matières diverses, tôles et cornières, fabriquées à Denain, devaient avoir une charge de rupture de 42 à 44 kilogs et des allongements de 22 à 24 0/0.

La mise en place a été faite par lançage en soutenant l'extrémité de la poutre sur une palée montée sur un bateau.

L'épreuve faite avec du sable représentant 322 kilogs par mètre carré a donné une flèche de 39 millimètres au milieu de pont, laquelle a complètement disparu après l'enlèvement de la charge.

Ce pont est d'autant plus intéressant qu'il est le premier ouvrage important en acier exécuté sur les routes en France.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

District du Centre.

Séance tenue à Montluçon, le 4 avril 1886

Paroles prononcées au sujet de la mort de **M. Watrin** par MM. Delinières et Gibon.

Communication de M. Gibon sur le **graissage des machines à vapeur.**

Il s'agit des résultats obtenus à Commentry avec les huiles minérales. La substitution des huiles de naphte aux huiles d'olive, d'oléine et suifs a de 1873 à 1885 réduit les frais de graissage dans la proportion de 23,000 à 10,000 francs. Par exemple une machine à vapeur de 80 chevaux, actionnant des laminoirs, consommait en 1873 par tonne de fer laminé 125 grammes de suif à 1 fr. 10 le kilog, soit 0 fr. 15; elle consomme en 1885 en mélange de suif fondu et d'huile minérale

98 grammes à 0 fr. 75 le kilog, soit 0 fr. 074, ou sensiblement la moitié de la dépense primitive en argent. De plus les frottements sont moindres et l'entretien des machines moins coûteux.

Note de M. Delinières sur le **graisseur automatique Mollerup.**

Cet appareil bien connu, dont le principe est le refoulement de l'huile par un piston pressé par une vis sur laquelle une pièce en mouvement de la machine à graisser agit par l'entremise d'un cliquet et d'une roue à rochet. donne de très bons résultats.

Une machine compound à cylindres de 0^m, 360 et 0^m.600 de diamètre avec 0^m,700 de course, faisant 50 tours par minute, ne dépense que 1 centime à l'heure avec de l'huileminérale à 52 francs les 100 kilogs, tandis qu'avec des robinets graisseurs ordinaires et du suif, la dépense s'élevait à 3,6 centimes à l'heure.

Note sur les **purgeurs automatiques** par M. Delinieres.

Communication 'de M. Fayol sur l'**âge des couches argilo-silliceuses** qui recouvrent une partie des terrains houillers de Commentry et de Montvicq et que l'on retrouve sur beaucoup d'autres points du département de l'Allier.

Communication de M. Fayol sur les **galets des terrains houillers du plateau central.**

District du Sud-Est

Séance du 4 Juillet 1886.

.Communication de M. Rigaud sur le **tirage des coups de mines.**

Communication de M. Garraud sur le **système de sondage Fauvel.**

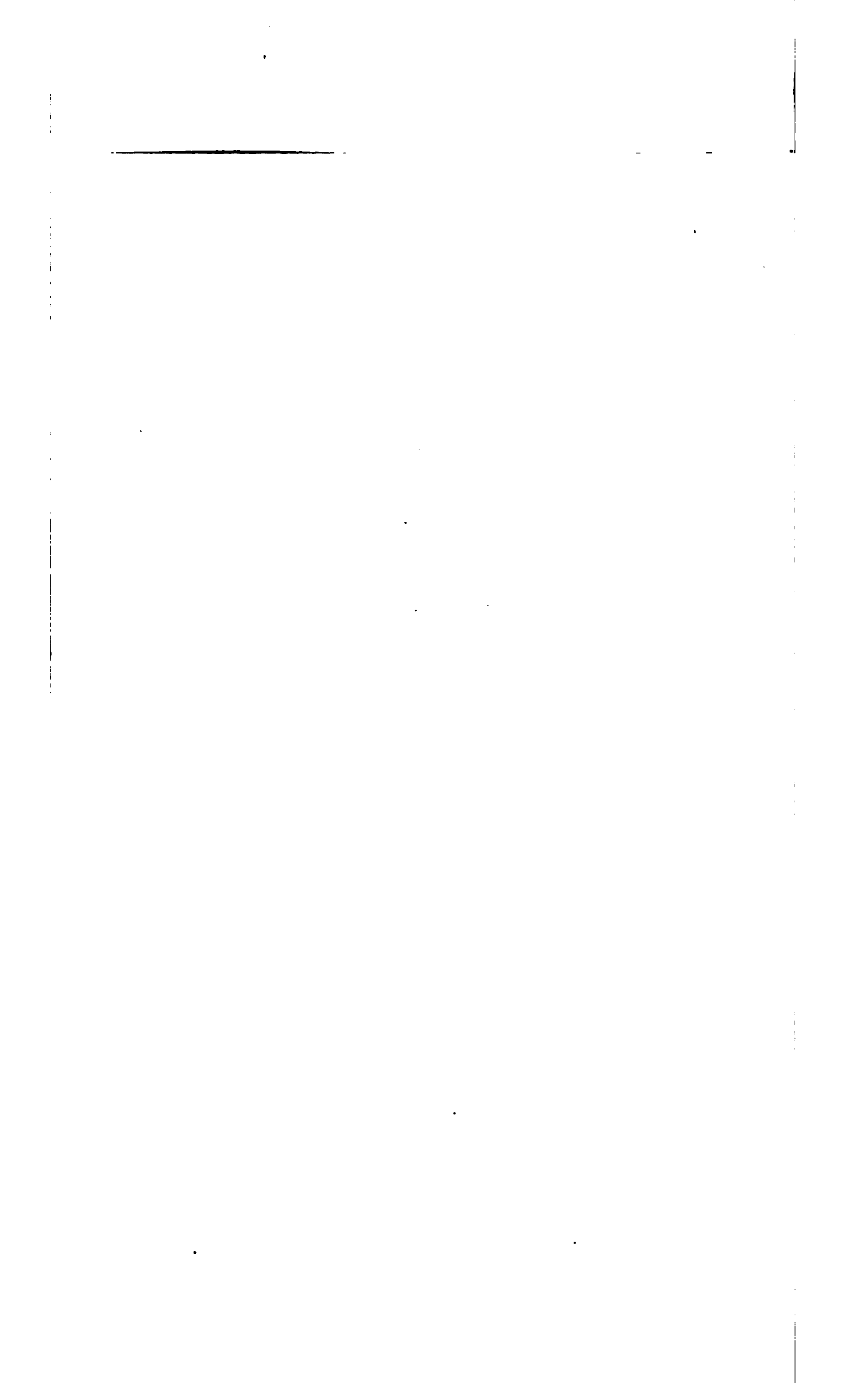
Ce système consiste dans l'emploi d'une sorte de grande barre à mine creuse et par laquelle s'introduit un courant d'eau qui nettoie le trou. On a obtenu aux mines de Bouquies, près Decazeville, des avancements journaliers moyens de 5 à 6 mètres avec un prix de revient moyen de 15 à 20 francs, pour des sondages atteignant et dépassant 150 mètres de profondeur.

Observations de M. Fumat sur les **feux de mines.**

D'ESSAI 1

s de vapeur.

SOMME DES PRESSIONS DES COLONNES 17 ET 23	CYLINDR — COTÉ D'AVANT — PRESSION MOYENNE — EN 0/0 . PRESSION A LA CHAUDIÈRE	EN KILOS CENTIM. CARRÉ	CONTRE-PRESSION MOYENNE KILOS PAR CENTIMÈTRE CARRÉ	FÉRENCE ENTRE LES COLONNES 26 ET 27
5.88	24	2.38	1.35	1.33
5.70	24	2.30	1.35	0.95
5.89	25	2.40	1.34	1.06
6.07	25	2.40	1.33	1.07
6.27	25	2.40	1.32	1.08
5.27	25	2.40	1.32	1.08
6.01	25	2.36	1 33	1.05
5.64	24	2.28	1.35	0.93
5.46	24	2.27	1.37	0.90
»	»	»	»	»
»	»	»	»	»
»	»	»	»	»
»	»	»	»	»
»	»	»	»	»



Réunion de Saint-Étienne

Séance du 7 août 1886.

Rapport de M. Batault au nom de la commission chargée d'examiner le **modérateur de vitesse Wery.**

La commission a examiné l'appareil installé au puits Petin; dans une première série d'essais, elle a constaté le fonctionnement du modérateur lorsque la vitesse assignée aux cages, à partir d'une certaine distance de la recette, est dépassée. Une deuxième série d'essais a eu pour but d'examiner dans quelles conditions s'arrête la cage, lorsqu'elle dépasse la recette d'une hauteur plus grande que celle nécessaire pour exécuter facilement les manœuvres.

Toutes ces expériences ont réussi et la commission est d'avis que l'appareil remplit parfaitement le but pour lequel il a été établi.

Mais elle a trouvé qu'il y avait lieu de chercher à éviter les chocs violents produits par l'arrêt presque instantané des bobines, lesquels sont très préjudiciables à la durée des machines et des câbles. Il sembie donc que le modérateur, parfait en lui-même, pourrait avec avantage être disposé pour agir, non plus sur un frein ordinaire à arrêt rapide, mais sur un frein spécial à serrage lent et progressif. Avec ce perfectionnement, l'appareil Wery remplirait certainement toutes les conditions nécessaires à un bon fonctionnement.

Communication de M. Leblanc sur **la distribution d'air Criner pour foyers.**

Cette disposition, destinée à remédier à l'insuffisance d'air dans le foyer qui se produit avec les charbons gazeux pendant les premiers instants qui suivent le chargement, comporte un tube, s'ouvrant dans le foyer au-dessus du charbon, que l'on débouche en chargeant et qui se rebouche automatiquement quand on veut. La fermeture est opérée par le basculement d'un sablier qui se remplit lorsque le chauffeur ferme la porte et qui, se vidant par un trou de quelques millimètres, change de position et ferme l'entrée d'air lorsqu'il achève de se vider.

Grâce à l'addition de cet appareil, les foyers Criner sont absolument fumivores avec tous les chauffeurs.

Communication de M. Chansselle sur l'**accident du puits de la Tronquié** des mines de Carmaux, amené par le déclavetage d'une bobine.

Le 23 décembre 1884 eut lieu aux mines de Carmaux un accident grave amené par le déclavetage d'une bobine ; le câble et la benne ont écrasé cinq ouvriers mineurs.

Une poursuite fut exercée contre M. Fayol, ingénieur principal des mines de Carmaux, M. Julien, ingénieur mécanicien et la Compagnie.

A la suite d'un rapport contenant de graves erreurs, des condamnations furent prononcées desquelles il fut interjeté appel.

La cour de Toulouse nomma trois experts, MM. Resal, Laugier et Joulin dont la compétence était indiscutable et, sur leur rapport, réforma le jugement.

Projet de loi sur les mines présenté par M. le Ministre des travaux publics.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 35. — 28 *Août* 1886.

Considérations générales sur la construction des ponts métalliques en arc avec articulations, par L. Backhaus *(fin)*.

Ponts. — Ponts sur la Moselle pour le chemin de fer de Thionville. — Ponts de chemins de fer sur l'Elbe, à Hambourg et à Harburg. — Ponts en arc avec ancrage.

Industrie chimique. — Emploi de l'électricité dans les industries chimiques.— Résistance des métaux à l'attaque par les acides et les alcalis.

Machine de Sembritzki pour la fabrication du papier en feuilles, construite par Escher, Wyss et Cie, à Zurich.

Groupe de la Ruhr. — Construction des ponts métalliques en arc avec articulations.

Groupe de Saxe. — Grille à gradins de Langen pour la combustion sans fumée des houilles piciformes de Saxe. — Jaugeage du débit des sources.

Patentes.

Variétés. — Statistiques de l'école technique supérieure de Berlin.

N° 36. — 4 *Septembre* 1886.

Turbine Jonval du retordage et filature de fil à coudre de Goggingen, construite par la fabrique de machines d'Augsbourg, par M. Schroter.

Sur les pompes centrifuges, par F.-J. Muller.

Calcul des cônes de transmission, par Otto Hansen.

Variations de la limite d'élasticité du fer et de l'acier.

Groupe de Breslau. — Raffinerie de sucre de Westhafen, près Amsterdam.

Groupe de Francfort. — Brasserie de Binding. — Nouvelle gare centrale de Francfort.

Groupe de Hanovre. — Exposition nationale hongroise à Buda-Pest.

Patentes.

Variétés. — Perfectionnements dans la fabrication des câbles électriques. — Installation d'éclairage électrique de l'Exposition des Beaux-Arts de Berlin.

N° 37. — 11 *Septembre* 1886.

Expériences sur le fonctionnement des clapets de pompes, par C. Bach *(suite)*.

Turbine Jonval, du retordage de Goggingen, construite par la fabrique de machines d'Augsbourg, par M. Schroter *(fin)*.

Groupe de Manheim. — Sur les fondations pneumatiques, au sujet d'un grave accident arrivé à Rheinzollhafen, près Manheim. — Diagrammes d'indicateur. — Hydrantes.

Patentes.

Bibliographie. — Manuel pour la précipitation galvanique des métaux, par le docteur G. Langbein.

Correspondance. — Rupture de volants. — Diagrammes des machines Compound.

Variétés. — Septième assemblée générale de l'Association des Ingénieurs et Architectes allemands, à Francfort-sur-le-Mein.

N° 38. — 18 *Septembre* 1886.

État actuel de la fabrication mécanique des briques, par C. Schlickeysen.

Ciments. — Comparaison de douze essais de ciments. — Conférence de Munich pour l'unification des épreuves de ciments.

Groupe de Manheim. — Centralisation des manœuvres d'aiguilles et de signaux de chemins de fer. — Terres colorantes, leurs propriétés et leur emploi.

Groupe du Rhin inférieur. — Emploi du béton pour les planchers incombustibles. — Nouveaux bateaux demi-salons du Rhin, *Hansa* et *Niederwald.*

Groupe de Wurtemberg. — Chauffage à vapeur à basse pression, système Bechem et Post. — Corderie mécanique. — Éclairage électrique à incandescence. — Transports sur câbles par l'électricité.

Patentes.

Bibliographie. — Construction et organisation des magasins et spécialement des magasins de grains, de G. Luther.

Variétés. — Lancements et essais de navires.

Le Rédacteur de la Chronique,

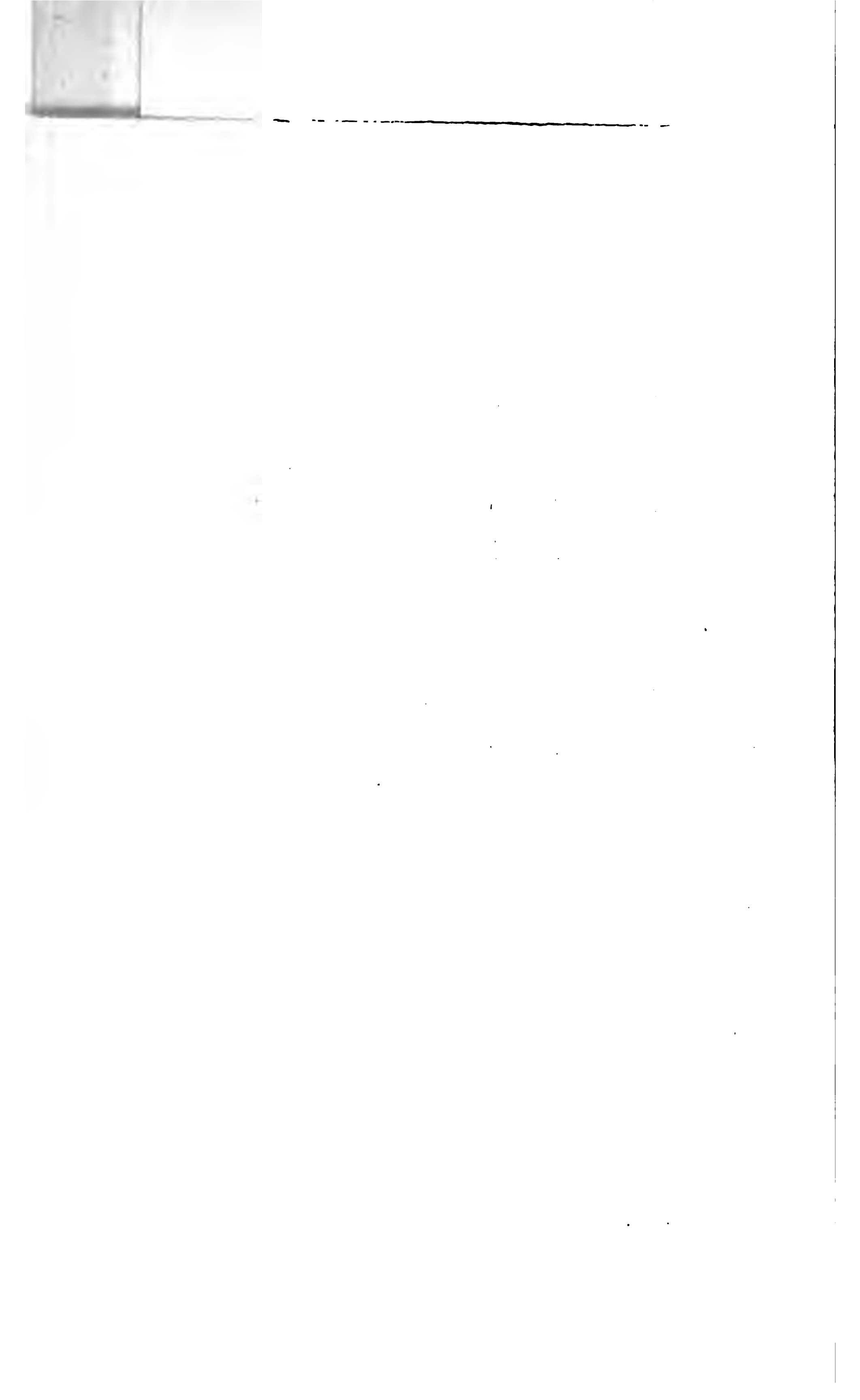
A. Mallet.

IMPRIMERIE CENTRALE DES CHEMINS DE FER. — IMPRIMERIE CHAIX. — RUE BERGÈRE, 20, PARIS — 21334-6.

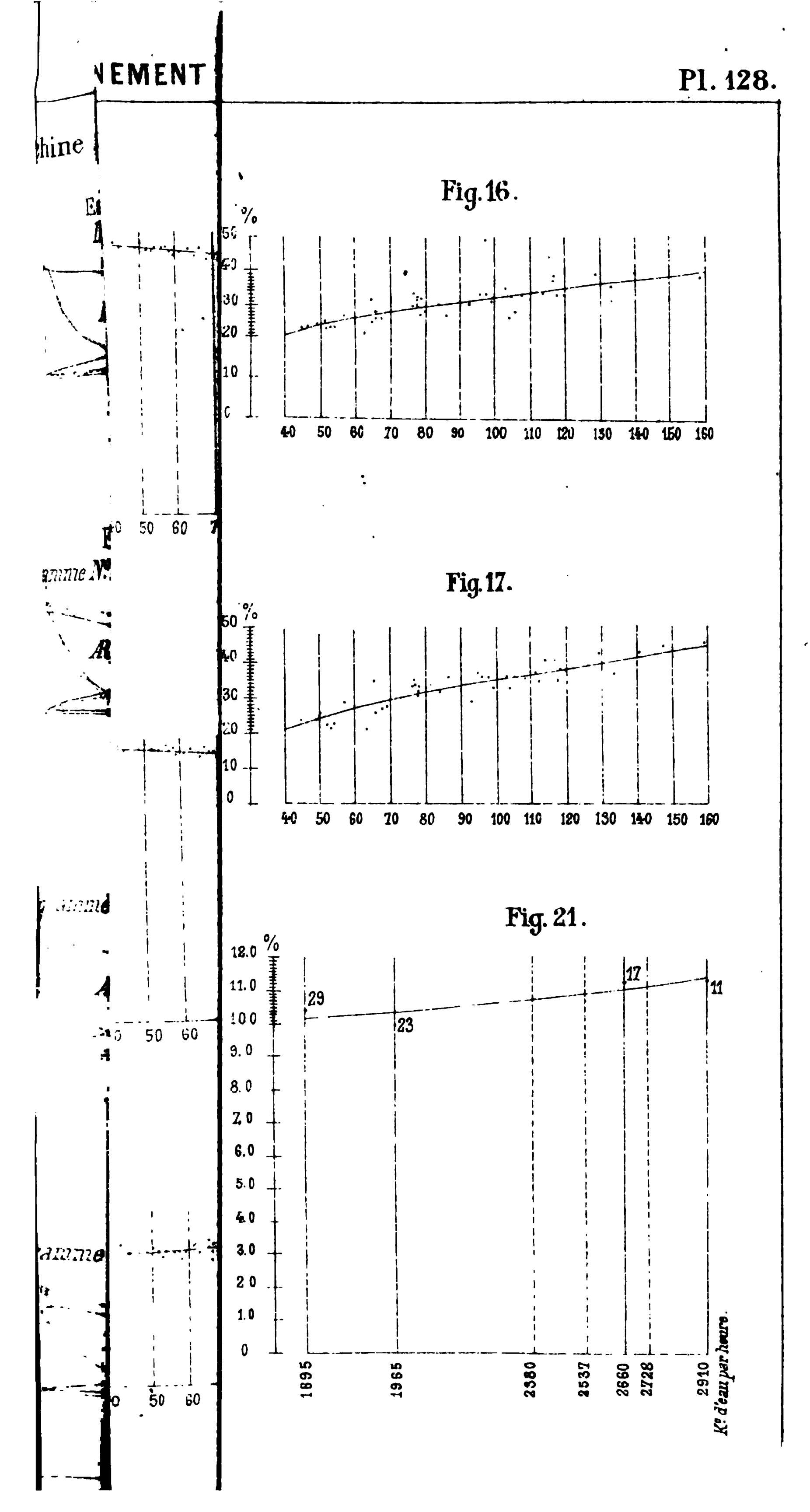
RAVAIL TOTAL en ;RAMMÈTRES 8	CONSOMMATION d'eau par HEURE ET CHEVAL INDIQUÉ 9	POIDS D'EAU vaporisée PAR KILOG. DE BOIS 10	CONSOMMATION de bois par HEURE ET CHEVAL INDIQUÉ 11	NOMBRE TOTAL de tours faits par les 12	…INE DÉPENSE MOYENNE DE VAPEUR PAR HEURE (kilogr.) 17	SECTION MOYENNE approximative de L'OUVERTURE DU RÉGULATEUR 18	QUANTITÉ DE VAPEUR passée par minute par 0m01 c. DE L'OUVERTURE DU RÉGULATEUR 19
kil.	kil.	kil.	kil.			mm	kil.
89707681	12.75	3.25	3.92	9200	2092	287	12.1
97012841	12.97	3.79	3.42	7511	2927	173	28.2
06121016	12.60	3.56	3.54	7530	3128	644	8.1
18033884	14.14	3.28	4.31	7988	3844	446	14.4
16463624	13.83	3.17	4.37	8285	3561	404	14.7
41988051	18.31	3.20	5.72	3039	3487	132	44.0
71167965	11.45	4.01	[illegible]	[illegible]			
112694666	11.45	3.64	3.15	8640	3698	8973	0.7
73848795	12.67	4.23	3.00	6914	3466	5974	1.0
66353275	9.05	3.95	2.29	9326	1219	9122	0.2
45993089	10.53	3.56	2.96	7885	1345	9724	0.2
85293660	10.05	3.76	2.67	8215	1964	7360	0.4
55808673	11.54	4.33	2.67	6072	1895	4393	0.7
96186564	10.83	3.77	2.87	8065	2824	8847	0.5
73307642	11.58	4.42	2.62	6670	2658	7800	0.6
51892580	10.74	3.62	2.95	10473	917	11435	0.1
79433238	10.56	3.66	2.89	9190	1695	10080	0.3
52595832	11.43	4.45	2.57	7415	1843	9106	0.3
91514020	10.75	3.30	3.26	8574	2326	5163	0.8
82503932	11.55	3.99	2.90	7364	2647	8326	0.5

SU

SU



SU


Fig. 16.
%
50
40
30
20
10
0
40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160
Fig. 17.
%
50
40
30
20
10
0
40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160
Fig. 21.
%
12.0
11.0
10.0
9.0
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0
29
23
17
11
1895
1965
2380
2537
2660
2728
2910
Kº d'eau par heure.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

OCTOBRE 1886

N° 10

Sommaire des séances du mois d'octobre 1886 :

Pendant le mois d'octobre la Société a reçu :

De M. Dumonchel, membre de la Société, une note sur le *Graisseur à percussion, système Gurtler et Bandel*, et une note sur l'*Affûtage rationnel des scies à ruban;*

De M. John George Mair, membre de la Société, une brochure en anglais, intitulée : *Experiments on a Direct-Acting Steam-Pump* (Pompes à vapeur) ;

De M. Crampton, membre de la Société, trois exemplaires d'un *Extrait de sa communication sur son nouveau système de locomotive*, présenté à l'Association britannique, à Birmingham, en 1886;

De M. Hichborn, un exemplaire de son volume en anglais, intitulé : *Report on European Dock-Yards* (Arsenaux de l'Europe);

De MM. Abel et Imbray, un exemplaire de leur volume en anglais intitulé : *Patents, Designs, and Trade Marks : British and Foreign* (Brevets, dessins et marques de fabriques);

De M. H. Bonnami, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Données positives sur les produits hydrauliques dans l'hypothèse des expansifs* ; et un exemplaire de sa brochure intitulée : *Manuel de l'opérateur au tachéomètre*, suivi d'une note sur *l'emploi de l'instrument dans l'application des tracés ;*

De M. Ernest Nibaut, ingénieur civil, deux exemplaires de sa brochure intitulée : *les Délégués mineurs;* et un exemplaire de sa brochure intitulée : *Critique de la loi minière de 1810*;

De M. Coudreau, un exemplaire de sa brochure, intitulée : *les Richesses de la Guyane française;*

De M. Charles de Mosenthal, une brochure intitulée : *le Tabac des colonies néerlandaises* ;

De M. L. Leygue, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Etude sur les piles et pylones de grande hauteur et sur le choix entre la maçonnerie et le métal ;*

De M. G. Hanarte, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *l'Air raréfié ;*

De M. Antonio Sans y Garcia, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage, intitulé : *Ferro-carriles de Poco Coste en España ;*

De M. Alain Abadie, membre de la Société, deux exemplaires de sa brochure, intitulée : *Étude sur les chemins de fer de montagne du système Abt;*

De M. Hersent, membre de la Société, plusieurs exemplaires de sa brochure, intitulée : *Pont sur la Manche;*

De M. L.-L. Vauthier, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure, intitulée : *Amélioration du port du Havre et des passes de la basse Seine ;*

De M. By Daniel Ammen, ingénieur civil : 1° un exemplaire de sa brochure, intitulée : *The certainty of the Nicaragua canal contrasted with the imcertainties of the eads Ship-Railway* ; 2° un exemplaire de sa brochure, intitulée : *The errors and fallacies of the inter-Océanie transit question ;*

De M. L. Cornu, ingénieur civil, un exemplaire de sa brochure, intitulée : *Guide pratique pour l'étude et l'exécution des constructions en fer*, avec atlas ;

De M. Regnard, membre de la Société, un exemplaire d'un rapport de M. Pihet fait à la Société d'Encouragement sur le procédé de *sciage des métaux*, de M. Regnard ;

De M. Piarron de Mondésir, membre de la Société, un mémoire sur la *Loi de Mariotte.*

De MM. E. Boyenval et Ponsard et Cie, ingénieurs civils, un exemplaire de leur album intitulé : *Traverses métalliques cannelées en acier ;*

De M. Emile Picard, deux exemplaires d'une brochure intitulée : *Priorité de la lampe à incandescence, affaire Somzée-Edison ;*

De M. Deghilage, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage intitulé, *Origine de la locomotive.*

De M. Francq, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Traction à vapeur sans feu.*

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'OCTOBRE 1886

Séance du 1er Octobre 1886

Présidence de M. Hersent.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 6 août est adopté.

J'ai le regret de communiquer à la Société le décès de MM. Andel, Dubuc et Soleillet.

La Société a reçu de M. Deghilage, membre de la Société, un ouvrage intitulé : *Origine de la locomotive.* Je prierai M. Morandière de vouloir bien donner une courte explication sur cet ouvrage.

M. Morandière. — J'ai été chargé par M. Deghilage, l'auteur de ce livre, de le remettre à la Société. M. Deghilage n'est pas ici ce soir. Son ouvrage est intitulé : *Origine de la locomotive.* Il prend la locomotive au moment de son invention, et la conduit jusqu'en 1845, au moment où les usines françaises ont suffi pour donner des locomotives aux chemins de fer français. Les différents dessins de machines qu'on trouve dans ce recueil fournissent un très grand nombre de renseignements, très difficiles à recueillir, et je crois qu'il sera intéressant pour beaucoup de personnes de trouver dans ce livre ces renseignements, qu'on ne pourrait se procurer qu'au prix de longues recherches.

M. le Président. — Ce livre sera consigné à la bibliothèque, pour être mis à la disposition de tous les sociétaires.

M. Edouard Simon donne communication de sa note sur la *Convention internationale pour la protection de la propriété industrielle :*

L'année dernière, dans la séance du 16 octobre, j'ai eu l'honneur d'appeler votre attention sur les nombreux desiderata de la *Convention internationale pour la protection de la propriété industrielle.* MM. Assi et Genès ont développé devant vous le même sujet et la discussion s'est poursuivie entre ceux de nos confrères qui, par leurs études et leurs travaux, ont acquis dans ces questions délicates de *brevets* et de *marques* une compétence particulière.

Vous n'avez pas oublié que ces communications se trouvaient provoquées par l'annonce d'une prochaine Conférence où les clauses de la Convention pourraient être revisées. La Conférence s'est tenue à Rome, en avril 1886, mais n'a pas donné les résultats qu'il était permis d'espérer d'une réunion de délégués exclusivement soucieux de l'amélioration d'une œuvre commune.

A ce propos, permettez-moi de vous rappeler que, par une singulière tolérance, l'Union des pays contractants avait dès le début accepté sans réserves l'adhésion d'Etats qui ne possédaient pas de législation sur la propriété industrielle, qui, par conséquent, semblaient mal fondés à revendiquer le bénéfice de la Convention, à s'opposer en tout cas aux réformes reconnues nécessaires. Or l'insuccès relatif de la dernière conférence a été précisément déterminé par le délégué de l'un des pays auxquels nous faisons allusion ; dès la seconde séance, ce délégué proposait et faisait voter la question préalable sur toute demande de revision. Les négociateurs français qui avaient, au contraire, pour mission de réclamer des modifications au texte primitif, se heurtèrent à une sorte de parti pris de ne rien entendre.

Le vote acquis, quelque regrettable qu'il fût, il fallut recourir à à un compromis. On convint de se borner à un échange de questions, d'observations, de déclarations propres à éclairer les parties contractantes sur la portée exacte des termes de la Convention. La discussion ainsi limitée n'était pas sans intérêt, mais elle devait fatalement aboutir à une rédaction boiteuse. Telle est, en effet, la teneur du protocole actuellement soumis à l'approbation des Gouvernements représentés à Rome et qui, outre deux articles additionnels à la Convention, renferme un certain nombre de *dispositions explicatives* réunies sous le titre de *: Règlement pour l'exécution de la Convention conclue à Paris, le 20 mars 1883 (1).*

Certaines de ces dispositions ne présentent qu'une importance secondaire, quelques-unes sont d'ordre exclusivement administratif ;

(1) Voir le texte *in extenso* du protocole à la suite de cette note.

mais l'article additionnel à l'article 10, et particulièrement le second paragraphe, mérite de vous être signalé.

Le libellé de l'addition entière est conçu comme suit :

1° « Tout produit portant illicitement une indication mensongère de » provenance pourra être saisi à l'importation dans tous les Etats » contractants.

» La saisie pourra également être effectuée dans le pays où l'indi- » cation mensongère aura été apposée, ainsi que dans le pays où le « produit aura été introduit.

» La saisie aura lieu à la requête, soit du ministère public, soit » d'une partie intéressée, individu ou société, conformément à la » législation intérieure de chaque État.

» Les tribunaux de chaque pays auront à décider quelles sont les » appellations qui, à raison de leur caractère générique, échappent aux » précédentes dispositions.

» Les autorités ne sont pas tenues d'effectuer la saisie en cas de » transit. »

2° « *Il n'y a pas intention frauduleuse dans le cas prévu par le* » *paragraphe premier de l'article 10 de la Convention (1), lorsqu'il sera* » *prouvé que c'est du consentement du fabricant dont le nom se trouve* » *apposé sur les produits importés que cette apposition a été faite.* »

Ainsi pour nous en tenir à notre pays, un industriel français aurait le droit, aux termes du nouvel article, de faire fabriquer à l'étranger, dans l'un quelconque des pays de l'Union où la main-d'œuvre lui serait plus avantageuse qu'en France, puis d'importer sous sa marque française les produits soustraits de la sorte au travail national.

Sans admettre que certains fabricants non contents de cette latitude pussent être assez indélicats pour trafiquer de leur marque, pour consentir à la voir apposée sur des objets manufacturés dont ils ne seraient pas les créateurs, sans considérer les circonstances exceptionnelles telles que les grèves, alors qu'une pareille clause ne tiendrait pas la balance égale entre les parties, un chef d'industrie indifférent au bien-être et à l'avenir de son personnel ouvrier pourrait, en temps normal, peser sur le taux des salaires, de la différence des prix payés à l'étranger ou limiter ses travaux aux façons qu'il lui serait impossible d'exécuter hors frontières.

Les conséquences d'une mesure aussi contraire aux intérêts de la population manufacturière, à l'entente entre patrons et ouvriers d'un même pays, ont échappé aux signataires français du protocole qui,

(1) Art. 10. 1er paragraphe : « Les dispositions de l'article précédent (stipulant » les cas où la saisie à l'importation est autorisée) seront applicables à tout » produit portant faussement comme indication de provenance, le nom d'une » localité déterminée, lorsque cette indication sera jointe à un nom commercial » fictif ou emprunté dans une intention frauduleuse. »

autrement, n'auraient point forgé une pareille arme pour les partisans de l'Association internationale des travailleurs.

Les stipulations dont il s'agit ne font pas loi aussi longtemps qu'elles n'auront pas été sanctionnées par le Parlement; il importe donc de ne pas perdre de vue une proposition qui pourrait, comme la Convention même, passer inaperçue si l'opinion n'en était saisie. Ce motif m'a déterminé à vous entretenir d'une question grosse de périls. La prévoyance des fondateurs de notre Société (art. 2, § 4 des statuts (1)) nous fait un devoir de ne la point négliger.

Conférence internationale pour la Protection de la Propriété industrielle. Protocole.

La Conférence internationale de l'*Union pour la Protection de la Propriété industrielle*, convoquée à Rome, le 29 avril 1886, ayant terminé ses travaux, soumet aux Gouvernements des États qui s'y sont fait représenter les articles additionnels à la Convention conclue à Paris, le 20 mars 1883, et le règlement pour l'exécution de ladite Convention, dont la teneur suit :

Articles additionnels à la Convention conclue à Paris le 20 mars 1883.

A l'art. 5 : Chaque pays aura à déterminer le sens dans lequel il y a lieu d'interpréter chez lui le terme « exploiter ».

A l'art. 10 : 1° Tout produit portant illicitement une indication mensongère de provenance pourra être saisi à l'importation dans tous les États contractants.

La saisie pourra également être effectuée dans le pays où l'indication mensongère aura été apposée, ainsi que dans le pays où le produit aura été introduit.

La saisie aura lieu à la requête, soit du ministère public, soit d'une partie intéressée, individu ou société, conformément à la législation intérieure de chaque État.

Les tribunaux de chaque pays auront à décider quelles sont les appellations qui, à raison de leur caractère générique, échappent aux présentes dispositions.

Les autorités ne sont pas tenues d'effectuer la saisie en cas de transit.

2° Il n'y a pas intention frauduleuse dans le cas prévu par le paragraphe premier de l'art. 10 de la Convention, lorsqu'il sera prouvé que c'est du consentement du fabricant dont le nom se trouve apposé sur les produits importés, que cette apposition a été faite.

Les présents articles additionnels seront ratifiés et les ratifications

(1) Art. 2. — Cette Société a pour but :
4° De poursuivre, par l'étude des questions d'économie industrielle, d'administration et d'utilité publique, l'application la plus étendue des forces et des richesses du pays.

seront échangées à Rome dans le délai d'un an, ou plus tôt, si faire se peut.

Ils entreront en vigueur un mois après l'échange des ratifications et auront la même durée que la Convention.

Règlement pour l'exécution de la Convention conclue à Paris le 20 mars 1883.

I. — Dispositions explicatives.

1. — Pour pouvoir être assimilés aux sujets ou citoyens des États contractants, aux termes de l'article 3 de la Convention, les sujets ou citoyens d'États ne faisant pas partie de l'Union et qui, sans y avoir leur domicile, possèdent des établissements industriels ou commerciaux sur le territoire d'un des États de l'Union, doivent être propriétaires exclusifs desdits établissements, y être représentés par un mandataire général et justifier, en cas de contestation, qu'ils y exercent d'une manière réelle et continue leur industrie ou leur commerce.

2. — Relativement aux États de l'Union situés en Europe, sont considérés comme « pays d'outre-mer » (art. 4) les pays extra-européens qui ne sont pas riverains de la Méditerranée.

II. — Accession de nouveaux États à l'Union internationale.

Lorsqu'un nouvel État adhère à la Convention, la date de la note par laquelle son accession est annoncée au Conseil fédéral suisse, sera considérée comme celle de l'entrée dudit État dans l'Union, à moins que son gouvernement n'indique une date d'accession postérieure.

III. — Ressort de l'Union.

Sont considérés comme appartenant à l'Union internationale pour la protection de la propriété industrielle :

(Les diverses Administrations fourniront au Bureau international l'indication de ceux de leurs territoires, colonies ou possessions qui font partie de l'Union par le seul fait de l'accession de la métropole.

IV. — Attestations de protection légale.

1. — Pour assurer la protection des marques de fabrique ou de commerce de leurs ressortissants dans tout le territoire de l'Union, les Administrations du pays d'origine leur délivreront une attestation constatant que lesdites marques ont été déposées dans le pays d'origine.

2. — La légalisation de l'attestation ci-dessus n'est pas requise.

3. — Toute demande tendant à étendre un brevet à d'autres pays de l'Union devra être accompagnée d'un exemplaire, manuscrit ou imprimé, de la description de l'invention et des dessins (s'il en existe), tels qu'ils auront été déposés dans le pays où la première demande a été faite.

Cette copie devra être certifiée par le service spécial de la Propriété industrielle de ce dernier pays.

V. — Renseignements à fournir par le Bureau international.

1. — Le Bureau international est tenu de fournir gratuitement aux diverses Administrations les renseignements qu'elles pourront lui demander sur les brevets et les marques de fabrique ou de commerce.

2. — Les mêmes renseignements seront fournis aux particuliers domiciliés dans le territoire de l'Union, moyennant une taxe de 1 franc par renseignement demandé.

Cette taxe pourra être payée en timbres-poste des divers Etats contractants et cela sur la base suivante pour les États qui n'ont pas le franc pour unité monétaire, savoir :

Brésil.	1 fr.	»	400	reis ;
Dominicaine (République).	—	»	20	centav. de peso ;
Espagne	—	»	1	pesetas ;
Grande-Bretagne	—	»	10	pence ;
Guatemala	—	»	20	centav. de peso ;
Norwège.	—	»	80	œre ;
Pays-Bas.	—	»	50	cents ;
Portugal	—	»	200	reis ;
Suède	—	»	80	œre ;
Salvador	—	»	20	centav. de peso.

3. — Les Administrations des divers États ci-dessus accepteront, aux taux indiqués dans le paragraphe précédent, les timbres de leur pays que le Bureau international aura reçus à titre de frais de renseignements.

VI. — Protection temporaire des inventions, dessins, modèles et marques figurant aux Expositions internationales.

1. — La protection temporaire prévue à l'article 11 de la Convention consiste dans un délai de priorité, s'étendant au minimum jusqu'à six mois à partir du jour de l'admission du produit à l'Exposition, et pendant lequel l'exhibition, la publication ou l'emploi non autorisé par l'ayant droit, de l'invention, du dessin, du modèle ou de la marque ainsi protégés, ne pourront pas empêcher celui qui a obtenu ladite protection temporaire, de faire valablement, dans ledit délai, la demande de brevet ou le dépôt nécessaire pour s'assurer la protection définitive dans tout le territoire de l'Union. Chaque État aura la faculté d'étendre ledit délai.

2. — La susdite protection temporaire n'aura d'effet que si, pendant sa durée, il est présenté une demande de brevet ou fait un dépôt en vue d'assurer à l'objet auquel elle s'applique, la protection définitive dans un des États contractants.

3. — Les délais de priorité mentionnés à l'article 4 de la Convention sont indépendants de ceux dont il est question dans le premier paragraphe du présent article.

4. — Les inventions brevetables auxquelles la protection provisoire aura été accordée en vertu du présent article, devront être notifiées au Bureau international et faire l'objet d'une publication dans l'organe officiel dudit Bureau.

VII. — Statistique.

1. — Avant la fin du premier semestre de chaque année, les Administrations de l'Union transmettront au Bureau international les indications statistiques suivantes concernant l'année précédente, savoir :

a) Brevets d'invention : 1° Nombre des brevets demandés; 2° Nombre des brevets délivrés ; 3° Sommes perçues de ce chef.

b) Dessins ou modèles industriels : 1° Nombre des dessins ou modèles déposés; 2° Nombre des dessins ou modèles enregistrés; 3° Sommes perçues de ce chef.

c) Marques de fabrique ou de commerce : 1° Nombre des marques déposées ; 2° Nombre des marques enregistrées; 3° Sommes perçues de ce chef.

2. — Pour la statistique des brevets d'invention, des marques de fabrique ou de commerce, et des dessins ou modèles industriels (art. 6 du Protocole de clôture), le Bureau international pourra adopter la classification qu'il jugera la meilleure.

VIII. — Entrée en vigueur du présent règlement.

Le présent règlement sera exécutoire dans un délai aussi rapproché que possible.

Vœu émis par la Conférence.

La Conférence a émis, en outre, le vœu suivant se rapportant à l'article 2 de la Convention du 20 mars 1883 :

Les États faisant partie de l'Union, qui ne possèdent pas de lois sur toutes les branches de la propriété industrielle, devront compléter dans le plus court délai possible leur législation sur ce point.

Il en sera de même pour les États qui entreraient ultérieurement dans l'Union.

En foi de quoi les soussignés délégués par leurs Gouvernements à la Conférence de Rome ont dressé le présent procès-verbal et y ont apposé leurs signatures.

Fait à Rome, le 11 mai 1886.

(Suivent les signatures.)

M. le Président. — Je remercie M. Simon de son intéressante communication. Il est évident que, dans l'espèce, on ne doit pas rester indifférent aux questions internationales qui régissent non seulement les droits d'auteur, mais aussi les marques de fabrique, entre les différents pays. On doit s'en préoccuper beaucoup; on doit s'en préoccuper surtout pour la sauvegarde du travail national et des grands intérêts du pays, aussi bien que pour le développement du travail national dans les meilleures conditions possibles.

M. Regnard a la parole pour sa communication sur une traverse métallique, système Boyenval et Ponsard.

M. Regnard. — Messieurs, une récente communication vous a été faite sur les traverses métalliques par notre collègue, M. Cantagrel. Cette communication était surtout un historique extrêmement complet et remontant à l'origine de la question, citant toutes les anciennes traverses métalliques, rappelant les diverses phases de leur fabrication, énumérant les différents systèmes, tant en fonte qu'en fer, qui avaient été imaginés ; détaillant enfin les diverses causes, très connues maintenant, de l'insuccès de la plupart des systèmes proposés. Cette communication a, pour ainsi dire, déblayé le passé et fixé le présent, qui se résume à fort peu de chose ; car, si ce n'est en Allemagne, en Hollande et en Belgique, il y a encore actuellement très peu de traverses métalliques en service. J'excepte, bien entendu. les pays d'outre-mer, l'Égypte, les Indes et diverses colonies où les traverses métalliques se sont imposées et ont conquis droit de cité depuis longtemps.

Si le passé de la question a été bien résumé, et le présent ainsi fixé, l'avenir reste ouvert; et il est permis d'espérer qu'il apportera bientôt le succès des traverses métalliques, désirable surtout pour le relèvement de la métallurgie, profitable aussi dans une large mesure à nos Compagnies de chemins de fer.

Ce qui retarde leur avènement, c'est la durée relativement satisfaisante des traverses en bois et leur bas prix en France. Au contraire, sous les climats tropicaux, la courte durée des traverses en bois a fait le succès rapide et complet des traverses métalliques. C'est ainsi que nous avons promptement reconnu l'impossibilité, sous le climat éminemment destructeur de l'île de la Réunion, de conserver les traverses en bois, même créosotées ; leur détérioration était telle que, avant la fin des travaux et la mise en exploitation du chemin de fer, il eût fallu remplacer toutes les traverses. On a donc adopté la traverse métallique, et, faute d'avoir à cette époque une bonne traverse française (car il y a déjà quelques années que ces travaux sont finis), nous avons dû nous adresser à l'étranger, et nous avons jeté nos vues sur une traverse métallique en fonte, du système Livesey, dont j'ai eu l'honneur de vous dire quelques mots lors de la communication de M. Cantagrel. Cette traverse a d'ailleurs donné d'excellents résultats. Il n'en

est pas moins vrai que si, à l'époque où a été construite la ligne de la Réunion, sous la direction de nos éminents collègues, et anciens Présidents, MM. Lavalley et Molinos, nous nous étions trouvés en présence d'une traverse en acier simple et économique comme la traverse de MM. Boyenval et Ponsard, nous l'eussions choisie de préférence, ou tout au moins essayée concurremment avec la traverse anglaise à cloches en fonte.

Vous savez, Messieurs, qu'une intéressante Exposition de matériel de chemins de fer a eu lieu à Bruxelles au commencement de cette année. Empêché, à mon grand regret, d'aller la visiter, j'ai du moins pu lire quelques comptes rendus des conférences dont cette Exposition a été l'occasion, et c'est ainsi que j'ai été frappé de l'apparence satisfaisante d'une nouvelle traverse française, que j'ai résolu de soumettre à votre appréciation. MM. Boyenval et Ponsard se sont préoccupés en premier lieu de chercher un profil nouveau, qui constitue pour la voie métallique un véritable type de plancher, comme le fer à I est le plancher type pour les plafonds dans les constructions. Ils ont donc cherché un profil donnant à la fois une grande résistance à la flexion, sous un poids modéré, une grande assiette horizontale, et ayant autant que possible, en tous sens, les mêmes dimensions que les traverses en bois, de manière à conserver le plus possible la ressemblance avec les voies normales des chemins de fer.

Ce profil, qui représente un double fer zorès et aurait autrefois semblé difficile à laminer, s'obtient aujourd'hui couramment, grâce aux progrès de nos forges; car si le fer zorès, à l'époque où il a été imaginé, était déjà considéré comme un produit remarquable du laminoir, il n'est pas dit qu'on aurait réussi à fabriquer alors un profil comme celui-ci. MM. Boyenval et Ponsard ont choisi pour leur traverse l'acier, de préférence au fer; car s'il est facile de laminer à un profil aussi accidenté une matière homogène comme l'acier, il ne serait peut-être pas aussi facile de l'obtenir avec le fer qui, composé de mises réunies en paquets et plus ou moins parfaitement soudées, présente moins d'homogénéité ; et, je crois ne pas me tromper en affirmant que l'insuccès des traverses Vautherin a été dû surtout à la mauvaise qualité du métal, qui ne valait pas, à beaucoup près, celui que nos forges produisent couramment aujourd'hui.

Ici, la matière a été répartie de manière à donner le maximum de résistance; les tables ont une épaisseur supérieure à l'épaisseur des ailes. Le calcul de résistance montre que le moment d'inertie de cette section est considérable, et une semblable traverse ne travaille pas au delà de 10 kilogrammes par millimètre carré, résistance qu'on est en droit d'attendre de l'acier.

Le choix du profil et celui du métal étant ainsi déterminés, il restait à attacher le rail sur cette traverse. Là était, peut-on dire, surtout le nœud de la question.

MM. Boyenval et Ponsard ont résolu le problème en mettant sur la traverse un patin ou sellette, semblable à la selle d'appui communément employée aujourd'hui avec la traverse en bois. Cette selle est maintenue par quatre rivets sur la traverse ; ce travail de rivure se fait à très bon marché, par des moyens mécaniques, et le coût de la pièce n'en est pas augmenté beaucoup. La selle a l'avantage de fournir d'une part au patin du rail une assiette considérable, et de lui donner d'autre part l'inclinaison requise.

Il faut enfin fixer le rail sur cette selle d'appui. MM. Boyenval et Ponsard ont eu l'idée d'employer le simple tire-fond, en logeant dans l'intérieur du fer cannelé qui forme leur traverse un petit coin en bois de chêne. On conserve ainsi tous les avantages de l'ancien mode d'attache et on en supprime les inconvénients : le bois joue ici, en effet, le rôle pur et simple d'écrou. Lorsque les anciennes traverses en bois périssent, c'est souvent parce qu'elles sont fendues au droit des tire-fond ; ici, ce morceau de chêne est dans l'impossibilité absolue de se fendre, encastré qu'il est dans le fer. Il ne peut manquer de durer jusqu'à la pourriture du bois; mais celle-ci ne surviendra que dans un grand nombre d'années; car grâce aux infimes dimensions de ce bout de bois, on peut sans frais notables employer du bois d'excellente qualité, et la dépense ne sera encore que de 0 fr. 03 à 0 fr. 04 au maximum. Ce mode de fixation avec tire-fond et un coin de bois qui ne joue que le rôle d'écrou absolument, est une disposition simple, heureuse, en ce qu'elle permet d'employer les anciens tire-fond, sans rien changer aux habitudes ni à l'outillage des équipes d'entretien de la voie. Mais cela a paru insuffisant pour les pays chauds, où il est impossible de compter même dans ces conditions sur la durée du bois. La solution consiste alors à remplacer le bois par une pièce jouant le même rôle d'écrou, mais en fer : c'est une platine en fer qui se place sous la sellette, et dans laquelle les tire-fond viennent se visser. Cette pièce fixe donc le rail Vignole absolument de la même manière que précédemment sur la sellette.

Restait à fixer le rail sur la traverse, dans l'hypothèse, moins générale aujourd'hui, de l'emploi d'un rail à double champignon. Quoique le rail Vignole soit universellement répandu aujourd'hui, il n'a pas complètement détrôné, en France ni en Angleterre, surtout peut-être en Angleterre, l'ancienne voie à double champignon posée sur coussinets.

MM. Boyenval et Ponsard ont réalisé la pose du rail à double champignon, sur leur traverse cannelée, soit avec des coussinets laminés en acier, rivés sur la traverse, soit avec des coussinets en fonte boulonnés.

Le coussinet en acier est une pièce de forme en apparence assez compliquée, qu'on peut cependant obtenir au laminoir. Depuis que le rail Broca, qui semblait à première vue impossible à laminer, s'est répandu, on est arrivé à faire couramment toute espèce de profils qui

ne sont pas en dépouille, grâce à une cannelure finisseuse appropriée. Il est donc très facile de laminer une pièce ayant le profil de ce coussinet et de la couper, à la scie à chaud, en tronçons pour faire des coussinets de ce genre. Pour les Compagnies qui désirent pourtant conserver le coussinet en fonte, celui que vous voyez ici remplit parfaitement le but. Les ailes sont les mêmes, le patin plus large ; il est fixé au moyen de quatre boulons sur la traverse. Ces boulons présentent une particularité : ils sont munis d'écrous indesserrables ; vous connaissez assurément ces écrous, fendus suivant un plan passant par leur axe. Le coussinet présente une autre particularité, très importante : c'est que l'assemblage sur les traverses est fait de manière à ne pas laisser se produire le moindre ferraillement, qui ferait travailler les boulons au cisaillement et causerait la perte de la traverse.

Les coussinets portent à cet effet des tetons venus de fonte sous le patin, qui s'engagent exactement dans des trous correspondants sur le dessus de la traverse. Les boulons n'ont donc à subir aucun effort de cisaillement et travaillent dans les meilleures conditions.

Différentes formes de coussinets, de tire-fond et de traverses sont sous vos yeux : voici une traverse pour voie normale de 1^{m},50; une autre, pour voie de 1 mètre avec rails Vignole ; d'autres encore avec coussinets en acier ou en fonte pour voie de 1^{m},50.

Voilà, Messieurs, tout ce que j'avais à vous dire sur ce nouveau système de traverse, que j'ai pensé digne d'appeler votre attention.

En terminant, je crois intéressant de rappeler que cette invention de MM. Boyenval et Ponsard est toute récente ; elle a figuré, au mois de mars, pour ainsi dire à sa naissance, à l'Exposition de Bruxelles, et n'a reçu que dans ces derniers temps ses perfectionnements définitifs. J'ai appris ce matin même qu'une commande d'essai, de quelques mille traverses, vient d'être faite pour l'Algérie. L'expérience ne tardera donc pas à prononcer, et plus tard, les résultats qu'elle aura fournis pourront vous être communiqués, pour vous fixer sur la valeur pratique du système, que je crois, pour ma part, appelé à un certain succès.

M. LE PRÉSIDENT. — Je remercie M. Regnard de sa communication, d'autant plus qu'elle vient ajouter des renseignements nouveaux à la communication de M. Cantagrel.

M. REGNARD. — L'exposé que je viens de faire répond surtout au désir exprimé par notre collègue, M. Roy, à la suite de la communication de M. Cantagrel, de voir des traverses métalliques françaises mises au jour, à côté des traverses étrangères prônées ou seulement citées.

M. ROY. – Dans l'origine, quand l'auteur, M. Ponsard, me fit voir son système de traverses, je ne me rendais pas compte comment pouvait se faire le bourrage. Voilà des creux. Il est évident que, en bourrant de la manière ordinaire, le ballast ne pénétrerait pas dans ces

creux-là. J'en fis l'observation à M. Ponsard, et, dans une visite que je fis chez lui, il y a quelque temps, il me fit part d'une idée assez originale qu'il avait eue : c'était de mettre des cailloux siliceux dans ces trous-là.

Ils sont forcés là-dedans et tiennent très bien. Cela m'a réconcilié un peu avec ces traverses, parce que j'ai vu là un élément d'agrafage, d'attache pour la traverse. Mais, j'avoue que, en voyant la traverse telle qu'elle est là, j'avais des doutes sur sa stabilité sur la voie. Ce tour de main donne à cette traverse certainement une qualité dont je ne l'aurais pas crue susceptible, et je crois qu'elle tiendra assez bien sur la voie; elle ne donnera pas de ripement, autant qu'en peut le craindre des traverses métalliques, — car on a toujours reproché aux traverses métalliques de glisser facilement sur le ballast : cette masse de cailloux siliceux l'empêche de glisser sur le ballast.

M. Regnard. — J'avais effectivement négligé cette question, dans l'exposé que je viens de faire. Il est évident que si on avait un profil dont les creux se trouveraient vers le milieu de la largeur, il ne serait guère facile d'assurer un bon bourrage, tandis qu'il est admissible que le ballast, s'il est menu, viendra facilement, sous l'action de la pioche à bourrer, remplir ces cannelures, si voisines du bord. Mais l'artifice que vient de citer notre collègue, M. Roy, est particulièrement intéressant, parce qu'il vise la plupart des cas, et s'appliquera avec succès pour la grosseur ordinaire de tous les ballasts; des cailloux cassés assez gros, une fois entrés dans les cannelures et s'y trouvant coincés, font corps avec la traverse et la maintiennent même mieux sur le sable que la traverse en bois elle-même, parce que cela forme comme une râpe, qui empêche la traverse de glisser. Je crois que la traverse Boyenval et Ponsard aura la meilleure tenue sur la voie et il eût été fâcheux de passer sous silence ce point de vue très important.

M. Roy. — J'ajouterai un mot : c'est que, sur les ballasts de sable même, il sera nécessaire à cette traverse d'être munie de ces cailloux parce que, enfin, elle n'a pas d'agrafe. C'est le reproche qu'on fait, avec raison, aux traverses métalliques, de ce que les matériaux ne s'imprègnent pas dans le corps de la traverse. Je dis que sur le sable fin, l'emploi de cailloux forcés dans ces interstices ne peut être qu'avantageux pour les traverses.

M. Contamin ne vient ni combattre ni rechercher les avantages de la traverse que l'on vient de décrire, mais essayer d'établir les règles qui, à son avis, doivent servir de base à toute étude de projet d'établissement de cet organe si important de la voie et à tout examen critique d'un type de traverse donné.

La traverse doit servir d'appui au rail et transmettre au sol les pressions que les machines et voitures circulant sur la voie exercent sur le

rail. Il y a donc lieu d'examiner, tout d'abord, le système d'attache de ce dernier à la traverse, puis d'étudier les actions qui se produisent au contact de cette traverse et du sol. Pour que la voie se conserve en bon état et ne donne lieu qu'à une faible dépense d'entretien, il faut, tout d'abord, que les efforts exercés par le rail contre la traverse et les organes qui les réunissent l'un à l'autre ne donnent pas naissance à des actions moléculaires dépassant les limites d'élasticité caractérisant ces matières ; il faut ensuite que les actions, au contact de la traverse et du ballast, ne donnent lieu ni à des pressions que ce dernier ne pourrait supporter, ni à des déplacements des éléments qui le composent. Si l'on dépasse les limites d'élasticité au contact du rail et de la traverse, il s'y produit des déformations et par suite des usures exigeant des resserrages des tire-fond et de nouveaux sabotages plus ou moins coûteux; s'il y a écrasement du ballast et déplacement des éléments qui le composent, il faut redresser, relever et bourrer les traverses, c'est-à-dire effectuer des travaux grevant plus ou moins lourdement les frais d'exploitation de la ligne considérée.

Il faut donc, quel que soit le système de traverse adopté, déterminer aussi exactement que possible les efforts auxquels les éléments de la traverse et du ballast ont à résister et, de la connaissance de ces efforts, déduire les dimensions à donner à ses différentes parties. Et lorsqu'on substitue un système nouveau à un système ancien, ayant fait ses preuves et arrivé à un état permanent d'entretien parfaitement déterminé, n'effectuer cette substitution que si elle présente des avantages directs ou indirects bien établis.

Sans discuter les prix d'établissement des différents types de traverses, il est tout d'abord évident que celles en métal coûtent plus cher que celles en bois et qu'à égalité de propriétés, elles ne peuvent être substituées à ces dernières que si l'on est assuré qu'elles présentent une durée beaucoup plus grande. Cette augmentation de durée est acquise dans beaucoup de cas, pour toutes nos colonies entre autres, et il est bien évident que l'emploi du métal s'y trouve tout naturellement justifié sans que la traverse métallique y présente de propriétés autres que celles rencontrées dans les traverses en bois.

Mais partout où la question de durée comparative peut devenir incertaine et où l'on n'a à faire intervenir que les intérêts propres à la voie, la substitution de la traverse métallique à celle en bois n'est possible que si elle présente sur cette dernière certains avantages compensant sûrement la différence de prix, et ces avantages on ne peut les trouver que dans une diminution des frais d'entretien.

Ceux résultant du contact entre le rail et la traverse ont été si souvent indiqués qu'il n'y a pas lieu d'y revenir ici; il n'en est pas de même des travaux d'entretien qui sont la conséquence du contact de la

traverse et du ballast, qui, d'ailleurs, sont ceux sur lesquels on peut réaliser le plus d'économie, et c'est de ceux-là surtout que nous allons nous occuper.

Lorsque l'on étudie le mouvement ondulatoire du rail sous le passage des machines et wagons, on constate que les traverses situées de part et d'autre de la travée qui supporte le passage de l'essieu le plus lourdement chargé des machines à grande vitesse appelées à circuler sur les voies, subissent des efforts de soulèvement tels qu'il est tout à fait impossible d'empêcher ce soulèvement de se produire complètement.

Ces efforts, d'autant plus grands que la vitesse est considérable, ont pour effet de soulever la traverse, non seulement dans une direction verticale, mais aussi plus ou moins en dehors du plan de la voie, tantôt à droite, tantôt à gauche, suivant que les mouvements de lacets et de glissements transversaux des roues agissent plus ou moins violemment dans un sens ou dans un autre. — Les essieux qui suivent celui ayant soulevé la traverse, l'appliquent au moment où ils vont l'aborder violemment sur le ballast et produisent, à son contact avec ce dernier, des effets d'autant plus perturbateurs que la hauteur de soulèvement a été grande, que le déplacement latéral a été considérable et que les pressions au contact de la traverse et du ballast se rapprochent des limites de grande sécurité que l'on ne doit point dépasser.

On ne diminue donc les frais d'entretien, et on ne justifie la substitution d'un type coûteux à un autre, qui semble présenter une durée comparable, que si l'on a soin de s'arranger pour diminuer, d'une part, la valeur de ces soulèvements, et, d'autre part, la pression au contact du rail et du ballast. On ne peut diminuer le premier élément, lorsqu'on ne touche pas au rail, qu'en augmentant la valeur de la force qui s'oppose à ce soulèvement, c'est-à-dire le poids de la traverse ou mieux en la rendant solidaire du plus grand cube possible de ballast ; on ne diminue le second élément qu'en augmentant les surfaces du contact, là où il se produit utilement, et étudiant les éléments de la traverse, de manière que cette augmentation de surface d'appui ne compromette pas ses conditions de résistance.

Le problème à résoudre est donc fort complexe au point de vue du calcul, lorsqu'on a à établir un nouveau type de traverse ; mais ces deux principes admis, l'examen critique d'une traverse donnée que l'on se propose de substituer à une traverse existante, devient assez facile puisqu'il se réduit à chercher le rapport entre les résistances aux soulèvements présentés par les deux types, celui entre les pressions qu'elles exercent sur le sol, et à s'assurer si les éléments qui composent la traverse proposée sont étudiés de manière à résister aux forces déformatrices auxquelles ils sont soumis.

Sans indiquer de règle, ni citer de chiffre, M. Contamin croit devoir faire remarquer qu'il est bien établi aujourd'hui qu'avec la voie Vignole

et dans le cas de traverses en bois, il faut que celles-ci présentent une surface d'appui sur le ballast d'au moins $0^m,25$ de largeur sur les lignes parcourues par les trains rapides.

Pour qu'un système de traverse métallique puisse être utilement substitué au bois, il faut donc qu'il présente à égalité de durée, tout d'abord, une surface d'appui utile bien plus grande que celle offerte par la traverse en bois, sans pour cela arriver à un prix de revient inabordable. Bien peu de traverses répondent à cette condition ; c'est ce qui explique pourquoi, jusqu'à présent du moins, leur usage ne s'est pas répandu davantage.

M. Regnard. — Je demande la permission de répondre sur quelques points aux très intéressantes observations de M. Contamin, relativement à la surface d'appui des traverses, et relativement à la quantité de ballast qu'elles intéressent et qui, par son poids, s'oppose au soulèvement de la voie. Je crois que la traverse métallique dont j'ai parlé offre des avantages à ce double point de vue sur la plupart des autres : lorsqu'elle est enterrée dans le ballast, elle intéresse au soulèvement un prisme de ballast qui peut être considéré comme un trapèze dont le plus petit côté serait la largeur même de la traverse ; par conséquent, il y a là un poids considérable qui s'oppose au soulèvement de la traverse et du rail : il y a non seulement le poids propre de la traverse, mais encore le poids du ballast qui se trouve coincé dedans et celui qui appuie sur les rebords, à droite et à gauche.

Outre la tenue dans le ballast, je crois que le système présente certains avantages relativement aux diverses causes qui exigent de l'entretien et des dépenses ; je crois que la traverse métallique présente sur la traverse en bois un avantage considérable, parce que le matage, le jeu, les usures et, par suite, les bâillements qui se produisent dans la voie sont dus, à mon avis, beaucoup moins à un matage entre les parties métalliques, qui serait peut-être de 1/20 de millimètre sur les têtes des tire-fond, qu'à un matage du bois qui, dans le même laps de temps, serait de plus de 1 millimètre.

C'est l'usure du bois qui oblige à remplacer les tire-fond. Lorsque le rail est sollicité dans un sens ou dans l'autre suivant le mouvement de lacet qui se produit dans les courbes, et que l'effort, au lieu de passer normalement à une petite distance de l'axe du rail, vient passer tout près du bord du patin, le bois cède forcément. Dans le cas d'une traverse en bois, ces causes de détérioration de la voie sont très notables ; mais cela doit être attribué à ce que le bois cède, comme je viens de le dire, à la pression du rail. Le même inconvénient ne saurait se produire avec la traverse métallique.

Il y a un autre point sur lequel je voudrais dire un mot. M. Contamin a parlé du soulèvement des rails qui se produit par suite de la flexion. Il a dit qu'il y a deux moyens de s'opposer au soulèvement

des rails : c'est d'augmenter le poids des traverses et d'augmenter la raideur du rail.

Entre ces deux moyens je n'hésite pas à avouer ma préférence pour le second. Je voudrais savoir ce que le calcul donnerait pour valeur du poids P de la traverse, qui pourrait avoir une influence en regard de l'importance des actions mises en jeu, telles que la pression produite par un essieu de locomotive, et quel serait, en tonnes, le poids qu'il faudrait donner à la traverse pour empêcher tout soulèvement. Je crois qu'en augmentant la raideur du rail, on prendra le meilleur moyen d'obtenir une bonne voie. Ceux qui ont beaucoup voyagé sur les chemins de fer français et étrangers, savent bien que les meilleures voies sont celles qui ont les meilleurs rails, c'est-à-dire les rails les plus lourds et les plus hauts.

Je crois qu'on pourrait impunément augmenter la hauteur des rails posés sur traverses métalliques, sans augmenter sensiblement leur poids. J'ai fait exécuter, il y a déjà longtemps, pour une ligne à petite voie du département de l'Aisne, un rail en fer avec une âme en fer de 8 millimètres seulement. Depuis, nous avons fait, pour l'île de la Réunion, un rail d'acier encore plus élancé. Je crois que, étant donnée la suppression du vice capital que je citais tout à l'heure pour la traverse en bois, c'est-à-dire son défaut de résistance aux efforts anormaux de compression que lui transmet le patin du rail, je crois, dis-je, qu'on ne doit pas craindre d'augmenter un peu la hauteur du rail, parce que sa résistance aux efforts anormaux restera encore assez grande et cela évitera ces soulèvements de traverses qu'on ne voit que trop sur certains points de nos lignes surtout les jours de pluie ; on voit alors les traverses en bois monter et descendre dans leur alvéole de ballast. Elles clapotent alors dans la boue, aggravant continuellement le mal en chassant le ballast réduit en sable par le clapotement. C'est en augmentant la hauteur du rail, grâce à l'emploi de la traverse métallique qui, je le répète, offre une bien plus grande solidité d'attache que la traverse de bois et fournit au rail une assiette fixe, qu'on remédiera à cet inconvénient.

M. Contamin regrette d'être obligé d'entrer dans l'examen particulier de la traverse décrite devant la Société ; il ne voudrait donner d'avis ni dans un sens ni dans un autre, mais puisque M. Regnard insiste sur les avantages qu'elle présente sur les traverses en bois, il croit devoir faire remarquer que si sa résistance au soulèvement est un peu plus grande, elle exerce, par contre, des pressions bien plus considérables sur le ballast, et cela parce que sa surface d'appui contre ce dernier ne dépasse pas vingt-trois centimètres, et que sa disposition en augets amène forcément la résultante des pressions du rail contre la traverse à passer plus près des arêtes qui limitent sa base ; que cela n'a pas lieu dans la traverse en bois, où la surface d'appui au con-

tact du rail n'a que $0^m,150$ de largeur pour une base de $0^m,25$ à $0^m,26$.

Il est bien évident que, dans les régions où le bois dure peu et où la circulation des trains n'a pas encore pris l'importance qu'elle a acquise sur nos grandes lignes, le type qui vient d'être décrit remplacerait avantageusement les traverses en bois établies dans les conditions généralement admises. Mais si les trains qui circulent sur les traverses en bois ne sont pas remorqués par des machines aussi puissantes et animées de vitesses aussi grandes que celles qui caractérisent les exploitations de nos grandes lignes françaises, rien n'empêche de les fabriquer avec des équarrissages moindres, et de faire pencher ainsi la comparaison en leur faveur.

Sans insister sur le système d'attache décrit, il y a cependant lieu de faire remarquer qu'en principe il n'est pas supérieur à celui adopté pour les voies Vignole dans lesquelles le rail est réuni à la traverse par des tire-fond de vingt-trois millimètres (0^m023) de diamètre; la comparaison des deux tire-fond semble même être à l'avantage du bois; il est vrai que dans les voies du Nord, en particulier, auxquelles se rapporte l'emploi de ce tire-fond, il a fallu se préoccuper des efforts considérables exercés par le patin du rail sur ces organes à certains moments du mouvement dans les courbes des voies parcourues par des express; mais si le type de traverse proposé était essayé sur ces voies, il serait soumis à des efforts analogues, et comme il ne présente pas de dispositions lui permettant d'y mieux résister, il ne se comporterait certainement pas aussi bien que les traverses en bois.

M. Regnard, s'attachant avec raison à l'influence du soulèvement des traverses, propose, pour le diminuer, d'augmenter la hauteur du rail; c'est là évidemment un moyen à conseiller, puisque l'inclinaison à l'origine de chaque travée varie en raison inverse de la valeur du moment d'inertie de la section transversale du rail; mais il y a lieu de se rappeler, lorsqu'on emploie ce moyen, qu'il faut augmenter également la largeur du patin et l'épaisseur de l'âme pour ne pas augmenter la pression au contact du rail et de la traverse, et les déformations latérales qui interviennent pour une si grande part dans les effets perturbateurs décrits; le changement de profil du rail devient donc un procédé coûteux qui peut avoir sa raison d'être dans certains cas, mais qui constitue une solution en dehors de celle cherchée uniquement dans la substitution d'un type de traverse à un autre.

Il n'y a pas, pour cette dernière solution, d'autres moyens à employer que ceux déjà décrits et consistant à augmenter le poids à soulever et de diminuer la pression du rail et du ballast. L'augmentation du poids à soulever ne peut exercer une certaine influence que si elle est sensible, et que si les dispositions adoptées intéressent un grand cube de ballast dans la valeur de cette charge. Lorsqu'on considère l'état sta-

tique ou bien le mouvement avec une très faible vitesse, on trouve, en considérant la pression de 7175 kilogrammes exercée par la roue la plus chargée des locomotives du Nord, que la réaction négative, au contact du rail et de la traverse, peut atteindre près de 1500 kilogrammes, ce qui représente près de 3000 kilogrammes pour l'effort de soulèvement exercé sur toute la traverse. Pour diminuer la hauteur du soulèvement, il faut donc opposer à cette charge une réaction de plusieurs centaines de kilogrammes; autrement cette influence serait insensible et le choc, au contact du rail et de la traverse, très peu amorti.

M. Regnard. — Sauf pour les surfaces d'appui du rail, indéformables avec la traverse métallique.

M. Contamin. — Je n'ai plus que quelques mots à ajouter. Il y a lieu de distinguer, comme je l'ai déjà établi, entre les lignes parcourues par les trains rapides et fortement chargées et les lignes secondaires. Pour ces dernières, à moins que des considérations climatériques y rendent l'emploi du bois dispendieux, en réduisant sa durée, la substitution du métal au bois n'a pas de raison pouvant se justifier, lorsqu'on ne considère que les intérêts propres à la voie, et cela parce que étant admis qu'on donne aux traverses de ces lignes les mêmes dimensions que celles adoptées pour les lignes principales, elles s'y trouvent placées dans des conditions de stabilité qui y réduisent beaucoup l'entretien et leur assurent par suite une durée considérable. Le métal n'a sa raison d'être que là où il peut réaliser une économie sur l'entretien et, par suite, là seulement où les frais d'entretien acquièrent une certaine importance ; il faut alors qu'il satisfasse aux deux conditions indiquées d'une résistance au soulèvement beaucoup plus grande et d'une diminution sensible des pressions contre le ballast.

M. Cantagrel a cité des essais faits sur les lignes de l'Etat, mais ces lignes ne sont pas parcourues par des trains marchant à des vitesses de 100 kilomètres à l'heure, et le bois bien préparé y durerait assez pour ne pas justifier l'emploi du métal, si on n'était guidé dans ces essais que par des considérations se rapportant uniquement à l'établissement de la voie.

M. Cantagrel. — Messieurs, je ne voudrais pas combattre un système de traverses métalliques, puisque j'ai grande confiance, au contraire, dans leur résultat; mais je désirerais présenter quelques observations et expliquer que je ne considère pas la traverse qui nous est présentée comme une traverse métallique. On a toujours cherché, dans les traverses métalliques, à éviter l'inconvénient du bois. Or, dans cette traverse, c'est précisément sur le bois qu'est prise l'attache.

M. Regnard. — Non, c'est seulement une des solutions.

M. Cantagrel. — Je parle de celle qui emploie le bois ; elle me paraît présenter un inconvénient au point de vue de la solidité de

l'attache, et je conçois les observations de M. Contamin, quand il dit que le tire-fond qui est vissé dans le bois ne sera pas solide; mais, lorsqu'il sera posé dans le métal, je crois que l'élasticité même de la traverse suffira pour remédier aux inconvénients du mouvement de lacet signalés par M. Contamin; ces inconvénients, on n'a pas à les constater avec les traverses en acier actuellement en expérience en Belgique et en Algérie. Il n'y a qu'un nombre excessivement restreint de ruptures d'attaches dues à ces effets.

M. Contamin semble craindre que la flexion du rail, qui se produit lorsque la charge d'un essieu se trouve placée au milieu de la portée comprise entre deux traverses, ne produise l'arrachement des attaches. La flexion ainsi produite a certainement une amplitude assez considérable, puisque l'on a pu s'en servir aux chemins de fer de l'État pour signaler à l'avance l'arrivée des trains, mais cette flexion n'a pas été signalée jusqu'ici comme une des causes de la détérioration des attaches. On trouve, dans l'élasticité du métal, d'une part, et dans l'introduction entre l'écrou et la traverse d'une rondelle élastique en métal, d'autre part, un jeu suffisant pour lutter contre cette cause d'arrachement.

En ce qui concerne les efforts dus au renversement du rail à l'intérieur de la voie dans les courbes, l'expérience faite prouve que ce renversement entraîne peu d'inconvénients. Les systèmes d'attache des rails sur la traverse sont en général ramenés à un système type où un crapaud, appuyant sur le patin, est maintenu au moyen d'un boulon. Ce boulon, plus éloigné encore que le tire-fond dont il s'agissait dans la démonstration de M. Contamin, de l'axe autour duquel se produit le renversement du rail, se trouve dans de mauvaises conditions de résistance à l'arrachement. Un croquis le peut montrer aisément.

Cependant, on a constaté que cet effort de renversement n'était pas suffisant même pour abîmer le filet du boulon; tandis que, sur les traverses en bois, nous avons toujours constaté, sur les courbes même de 600 mètres de rayon, que, au bout d'un temps très court, les tire-fond qui servent à fixer la voie Vignole, les tire-fond qui servent aussi à fixer les coussinets de la voie à double champignon, s'arrachent toujours à l'extérieur, tandis que, avec la voie métallique qui est en expérience aux chemins de fer de l'État, — je ne parle pas de celle d'Algérie, où on a constaté des déchirements dus à la médiocre qualité du métal, — mais, aux chemins de l'État, on n'a pas constaté, à ma connaissance, dans le système Paulet et Lavallette, d'arrachement du côté extérieur, même dans les courbes raides de 300 mètres.

M. Contamin est d'avis qu'il faut une traverse lourde, et nous a signalé la traverse en bois, qui est plus lourde que la traverse en métal. La traverse en bois armée pèse 90, 95 et 100 kilogr; les traver-

ses en métal, en acier, pèsent 55 à 60 kilogrammes, tout compris, et ces traverses de 60 kilogrammes occupent une surface égale à celle des traverses en bois. Toutes les traverses dont j'ai donné les dessins ici ont à peu près 260 m/m de largeur à la base; de plus, au lieu d'être disposées comme la traverse de M. Ponsard, ce sont des traverses inclinées qui intéressent à leur stabilité un prisme considérable de ballast.

Pour remédier au soulèvement du rail, qui se produit au passage de la charge entre deux traverses, M. Regnard propose d'augmenter la hauteur du rail. — Evidemment, cette augmentation a des avantages : elle donne plus de raideur au rail, dans le sens vertical ; mais elle a peut-être l'inconvénient de diminuer la raideur dans le sens transversal et de s'opposer moins aux mouvements de lacet. On pense qu'il est plus pratique de rapprocher le plus possible les traverses, et de diminuer la partie du rail. C'est à quoi l'on tend. Avec ce procédé on aura naturellement une flèche moins grande et, par conséquent, une moins grande fraction sur ces attaches.

L'élasticité propre du métal, plus considérable sans aucun doute que l'élasticité du bois, augmentée du jeu que peut laisser la rondelle hélicoïdate dont j'ai parlé tout à l'heure, suffiront à contre-balancer les causes d'arrachement signalées.

M. Périssé. — Il vient de nous être donné des renseignements très intéressants sur les traverses en bois, comparées aux traverses métalliques; mais il manque une série de renseignements sur les traverses métalliques, que je voudrais voir apporter ici. Il faudrait nous dire quel est le poids et le prix de la traverse, et faire intervenir la durée de la traverse métallique par rapport à la traverse en bois; il faudrait parler aussi de la question métallurgique qui, en Allemagne, a joué un rôle très sérieux pour l'adoption de la traverse métallique. Il me semble que la question est de telle nature qu'elle ne doit pas être passée sous silence au sein de notre Société.

Les Compagnies de chemins de fer auraient elles-mêmes intérêt à s'en préoccuper plus sérieusement. Il me semble qu'elles oublient que la question métallurgique est intimement liée à l'état général de l'industrie ; et comme la prospérité de l'industrie des transports dépend de celle des autres industries,les Compagnies de chemins de fer auraient intérêt à favoriser la métallurgie, en adoptant la traverse métallique, même si, tout compte fait, elle devait coûter plus cher.

M. Regnard. — Cette question a été très longuement étudiée au Congrès de Bruxelles ; je n'en ai pas parlé, parce qu'elle sort un peu du cadre de ma communication. Son intérêt est d'ailleurs évident.

M. Contamin n'a pas voulu, avec intention, mêler à la question des principes qu'il a essayé d'établir, des considérations étrangères aux conditions d'établissement de la voie. Mais il est bien évident que ces

considérations préoccupent les Compagnies et surtout celles dont les intérêts sont liés à ceux de cette grande industrie de la Métallurgie si nécessaire à la prospérité nationale. La Compagnie de l'Est a commencé, depuis quelque temps déjà, l'essai de traverses métalliques étudiées et projetées par ses Ingénieurs, et je ne crois pas commettre d'indiscrétion en ajoutant que cette question préoccupe au plus haut degré les Ingénieurs de la Compagnie du Nord. Mais en dehors de cet intérêt commun à la Métallurgie et à l'industrie des transports, on trouve des considérations très sérieuses à faire valoir dans la substitution du métal au bois, même là où les traverses en bois, telles qu'on les prépare aujourd'hui, atteignent des durées de plus de vingt-cinq ans; ces considérations résident, d'abord, dans les économies qu'elles peuvent faire réaliser sur les frais d'entretien, puis en partie aussi dans la plus grande valeur à attribuer à la traverse métallique supposée hors de service. Mais le grand point est de ne pas craindre de leur donner les dimensions nécessaires pour augmenter leur résistance au soulèvement et diminuer la pression à leur contact avec le ballast; une économie de quelques centaines de francs sur l'entretien annuel d'un kilomètre de voie permet d'ajouter à la valeur de la traverse en bois une somme suffisante pour rendre la traverse métallique avantageuse, en supposant même son prix de premier établissement plus que doublé; le tout est que l'importance du trafic et les conditions de la circulation permettent de réaliser cette économie.

M. Eiffel. — Je ne comprends pas que le poids de la traverse puisse avoir une influence notable pour s'opposer au soulèvement du rail, attendu que ce soulèvement est la conséquence de la flexion de ce rail dans la travée voisine sous des charges qui équivalent à 10 tonnes. En admettant que l'effort nécessaire pour s'opposer au soulèvement soit bien de 1500 kilos, ainsi que l'a dit M. Contamin, mais ce qui me semble faible à première vue, il y aurait au moins pour la traverse entière une tendance au soulèvement de 3000 kilos, force vis-à-vis de laquelle le poids propre de la traverse est toujours négligeable.

M. Contamin. — On trouve en effet, par le calcul, que l'effort de soulèvement exercé sur toute la traverse peut dépasser 3000 kilogrammes; le poids de la traverse seule n'influerait donc que très peu: il faut, par suite, intéresser à cette résistance au soulèvement le plus grand cube possible de ballast.

M. Roy.— C'est 100 kilogrammes à diminuer de 3,000; cela n'a pas d'influence.

M. Eiffel. — Que la traverse soit plus ou moins lourde, je n'y vois aucune importance.

M. Roy. — Il s'agit de prendre la traverse telle qu'elle existe dans l'état actuel : il n'y a pas de ballast dessus. On discute le principe de la substitution de la traverse métallique à la traverse en bois, telle

qu'elle est aujourd'hui. Aujourd'hui elle ne représente pas plus de 100 kilos, comparés aux 3 000 kilogrammes d'effort qui s'exercent sur la traverse.

A ce point de vue-là, la traverse métallique n'a pas d'infériorité vis-à-vis de la traverse en bois.

J'ajouterai que les traverses avec bords, comme celle-là, présentent même des avantages; par conséquent, la traverse métallique n'est pas inférieure, au point de vue du poids propre et au point de vue des flexions, à la traverse en bois, quand même elle ne pèse que 40 kilogrammes.

M. Périssé. — Tout à l'heure, j'ai entendu la discussion qui a eu lieu sur les causes de relèvement des rails et sur les moyens d'y remédier; j'ai eu la conviction, et beaucoup d'entre vous la partagent, que ce n'est pas dans le poids de la traverse, mais dans l'augmentation du moment d'inertie du rail qu'il faut chercher le remède. Je crois que si on se trouve en présence d'un rail de 40 kilog. environ, comme celui qu'il y a tendance à adopter aujourd'hui, je crois que la plupart des inconvénients signalés disparaîtront. Quand on considère les progrès que la fabrication des rails en acier a faits depuis quinze ans, progrès qui ont coïncidé avec l'abaissement du prix, on ne voit pas pourquoi on n'adopterait pas le gros rail à moment d'inertie augmenté, et la traverse métallique.

M. Sévérac. — Il y a des expériences déjà faites sur une traverse qui réalise les desiderata indiqués par M. Contamin.

Les traverses en bois ont des dimensions bien définies en longueur, en largeur, en épaisseur.

Le produit de la longueur par la largeur donne l'assiette de la voie.

Le produit de la largeur par la hauteur donne la buttée.

Le produit de la longueur par la hauteur donne la résistance au déplacement longitudinal.

Le produit des trois dimensions par la densité du bois donne le poids de la traverse et la stabilité de la voie.

Je suppose une traverse en bois de 2m,500 de longueur, 240 millimètres de largeur, 120 à 130 millimètres de hauteur, pesant 70 kilogrammes. Si je prends un double T en fer ou acier à ailes inégales, du poids de 28 kilogrammes le mètre courant, ayant les ailes inférieures d'une largeur totale de 240 millimètres, c'est-à-dire de même largeur que la traverse en bois, 120 à 130 millimètres de hauteur, et 2m,500 de longueur; si je coupe et si je relève d'équerre les ailes inférieures fendues à leurs extrémités sur une longueur égale à la hauteur du double T, j'ai bien une traverse ayant même poids, même assiette, même buttée, même résistance au déplacement longitudinal.

Cette traverse a donc déjà toutes les qualités des traverses en bois, mais elle en possède bien d'autres.

Elle a d'abord bien plus de stabilité. Puisque la stabilité est fonction directe du poids de la traverse et de la surcharge, elle est augmentée ici par le poids de tout le ballast qui repose sur l'aile inférieure. Le poids de ce ballast est bien supérieur au poids de la traverse elle-même.

Cette traverse ne peut se laminer actuellement aux larges ailes; comme je l'indique, il a fallu tourner la difficulté et employer pour la fabrication des larges plats rivés sur des doubles T à ailes égales ou inégales, mais faciles à exécuter.

Les traverses ne sont bourrées qu'aux extrémités, le large plat peut ne pas être continu; il convient de reporter la matière aux extrémités et de former la traverse d'un double T et de deux larges plateaux dont les axes se trouveraient sous les deux rails.

La traverse n'est pas complète sans les attaches. Les attaches jouent un très grand rôle. Elles doivent être simples, solides, ne doivent pas se desserrer; elles doivent permettre facilement le remplacement d'un rail ou d'une traverse. Elles doivent empêcher les rails de s'écarter, de se déverser. Le coussinet en fer ou en acier avec coin métallique placé à l'intérieur de la voie remplit toutes les conditions imposées.

Depuis dix-huit mois, ces traverses sont placées sur une des lignes principales du Nord-Belge; les trains rapides de Cologne, les trains de marchandises les plus longs y circulent; tous les jours 64 trains passent dans chaque sens et les traverses n'ont donné lieu à aucune observation.

M. Roy. — Je demande à donner quelques renseignements sur la fatigue des voies.

M. Contamin combat, et avec raison, la trop grande augmentation de hauteur des rails. Il y a, Messieurs, une chose dont on ne se doute pas, ce sont les effets qui se produisent à l'entrée des locomotives dans les courbes, même de grand rayon.

J'ai eu occasion d'analyser l'effet produit par une locomotive à grande vitesse, entrant dans une courbe même de 800 mètres de rayon, dont je vais vous indiquer les résultats.

Admettons que la distance entre ces deux lignes représente le jeu de 30 millimètres entre le boudin des roues et le champignon du rail, et que la machine soit réduite à son axe; et en admettant qu'à l'entrée en courbe le dévers préalable rejette la machine d'environ 5 millimètres par côté, tant que l'essieu d'avant de la machine n'a pas touché le rail, elle entre en courbe en continuant la direction en ligne droite et elle est déjà dans la courbe d'assez grande quantité lorsque la roue de l'essieu d'avant vient rencontrer le rail extérieur; à cet instant, l'angle que forme l'axe du châssis de la machine avec la tangente à la courbe au point de buttée, atteint près de 1 degré dans une courbe de 800 mètres.

Si, par exemple, on voulait faire intéresser les deux premiers essieux de la machine, de manière à répartir l'effort qui doit s'opérer pour faire commencer le mouvement giratoire de la machine et le déplacement de l'essieu d'avant, pour que le second essieu commence à être intéressé à l'effort à exercer pour faire commencer le mouvement giratoire en venant toucher le rail extérieur, il faudrait que l'essieu de devant fût déplacé de 15 millimètres, dans une courbe de 800 mètres.

Cela vous montre la grandeur de l'angle sous lequel le boudin de la roue du premier essieu vient frapper le rail extérieur, lorsqu'une locomotive entre dans une courbe; l'effort de poussée du boudin contre le rail croît avec l'ouverture de cet angle ; il est même, pour de grands rayons, beaucoup plus grand qu'on pourrait le croire *a priori ;* par conséquent, avec des rails un peu élevés, il y aurait des conditions d'efforts exercés sur le haut des rails, très pénibles pour la voie.

M. Eiffel. — Je ne sais pas si des essais sont faits dans cette voie. Il me semble que le moyen le plus efficace serait peut-être de diminuer l'écartement des traverses. En diminuant un peu la portée, les flèches diminuent en raison du cube de la portée. Je crois qu'en rétrécissant un peu la portée, on arrivera, avec les rails que nous avons, à n'avoir plus de déformation.

M. Cantagrel. — M. Périssé a tout à l'heure demandé des renseignements sur le poids, le prix des traverses métalliques, en expérience, d'une manière générale et sur leur durée. En réponse à cette question, je puis donner les chiffres extrêmes suivants :

Le poids des traverses métalliques en usage sur la plupart des réseaux varie de 35 à 79 kilogrammes.

La traverse actuellement en usage en Hollande, la traverse Post dont notre collègue, M. Moreau, a fait l'exposé ici, pèse 50 kilogrammes.

Les prix varient de 8 fr. 60 c. à 10 fr. 55 c. par traverse.

Quant à la durée, il n'y a pas d'expérience assez longue encore en ce qui concerne la traverse en acier; mais, pour la traverse en fer, il y a des expériences faites en Algérie, depuis 18 ans; l'ingénieur chargé de l'entretien de la voie estime que les traverses dureront encore 15 ans au moins, ce qui fait une existence minima de 33 ans, pour les traverses en fer.

En ce qui concerne les frais d'entretien, nous n'avons guère que cette expérience d'Algérie qui puisse nous renseigner. M. de Mazières, ingénieur de la voie du chemin de fer algérien de P.-L.-M., dit qu'à la douzième année, les traverses métalliques ont été un bénéfice pour l'entretien, en ce sens que l'inégalité des remplacements qu'on aurait dû faire en employant les traverses en bois a compensé le surcroît des

frais d'établissement que les traverses métalliques ont occasionné. Le remplacement des traverses métalliques a été de trois pour mille par an.

M. Regnard. — Je compléterai ce que j'ai dit, en donnant les renseignements correspondants, pour le poids et le prix de la traverse que j'ai présentée.

La traverse pèse 50 kilogr. et vaut 7 fr. 50 c. pour les grandes voies ; pour les voies de 1 mètre, la traverse pèse 20 kilogr. et ne coûte que 3 fr. 50 c., prise à l'usine.

M. Contamin fait remarquer que l'économie à réaliser résulte pour lui de deux éléments : diminution de la hauteur de soulèvement et réduction des pressions au contact du ballast et de la traverse.

Il admet parfaitement que l'effort exercé par le rail sur la traverse pour la sortir du ballast soit tel, que la résistance opposée par celle-ci ne puisse arriver à l'équilibrer; mais si au lieu d'opposer une résistance à ce soulèvement de moins de 100 kilogrammes, poids propre que les traverses atteignent rarement, on dispose celles-ci de manière qu'elles intéressent à cette résistance quelques centaines de kilogrammes de ballast, on réduira cette hauteur de soulèvement d'une fraction appréciable, et par suite on réalisera de ce fait une petite économie qui, s'ajoutant à celle due à la pression, permettra de gagner une fraction des frais d'entretien pouvant justifier le choix du métal au lieu et place du bois. On dispose de trois éléments pour améliorer les conditions d'entretien, les deux qui viennent d'être passés en revue et le renforcement du rail ; nous ne parlons et ne discutons que ceux se rapportant à la traverse même, puisqu'il ne s'agit que de substituer à toute une catégorie de traverses un type étudié pour lui être préféré. Lorsque le problème à résoudre est plus général et comprend la substitution d'un type de voie à un autre, il est évident qu'il y a lieu d'examiner l'influence que les dimensions du rail peuvent exercer sur l'entretien ; ce n'était pas le cas de la communication actuelle.

M. le Président. — Je crois devoir remercier M. Regnard d'avoir suscité une discussion si intéressante, M. Contamin et tous nos collègues qui y ont pris part.

Il est certain que la traverse métallique est la préoccupation de la métallurgie et est la traverse de l'avenir. Les voies ferrées sont arrivées à un état de stabilité qui est relatif à leur usage, au nombre et à la vitesse des trains qui les parcourent. Les lignes chargées sont composées avec des rails et des traverses très résistantes; les voies moins chargées sont composées avec des matières moins résistantes et coûtant moins cher. Il est à peu près certain qu'on adoptera, un jour, une traverse métallique qui répondra aux différents besoins de stabilité et de sécurité pour les voies. L'industrie métallurgique se trouvera alors satisfaite, et la sécurité de la voie se trouvera augmentée.

Pour arriver à donner à la voie sa stabilité, on a dû étudier, augmenter le poids du rail et des accessoires ; puis, on a introduit la traverse en fer. On suivra la même voie, jusqu'à ce qu'on arrive à un équilibre convenable. Quand on aura suffisamment expérimenté le fer, on arrivera à un résultat non moins satisfaisant. Il en résultera, dans tous les cas, que les discussions de la Société auront servi au bien public.

Messieurs, nous avons encore à vous communiquer un rapport relatif au blutage des terres. Comme l'heure est avancée, ce rapport sera imprimé dans le Bulletin, où chacun le lira à loisir.

Séance du 15 Octobre 1886.

Présidence de M. Hersent.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 1er octobre est adopté.

M. le Président. — J'ai le regret de vous annoncer le décès de MM. Dorange et Eugène Schirmer.

M. Boudenoot. — Au mois de juin dernier, j'ai déjà eu l'honneur d'attirer l'attention de la Société sur l'opportunité qu'il y aurait à mettre à l'ordre du jour la discussion sur le Métropolitain. Cette proposition avait paru obtenir l'assentiment unanime des membres présents et M. le Président a dit qu'il y serait bientôt donné suite. On me fit observer seulement que, pour que cette discussion fût mise avec fruit à l'ordre du jour, il fallait qu'elle fût précédée d'une communication qui ouvrît le feu, et plusieurs de mes collègues du Comité m'engagèrent à faire cette communication.

J'ai couché par écrit les quelques idées que m'avait suggérées la lecture du projet ministériel, et préparé une petite communication, que je suis prêt à faire, si la Société y consent. Je demande donc qu'on mette cette question à l'ordre du jour de la prochaine séance, qui aura lieu dans trois semaines ; d'ici là, on pourrait prévenir les auteurs, et ils sont nombreux, des projets qui ont été présentés à la Société des Ingénieurs civils. Si je demande la prochaine séance plutôt qu'une séance ultérieure, c'est que cette discussion est décidée, en principe, depuis quelques mois ; elle n'a, pour ainsi dire, pas quitté l'ordre du jour depuis quelques années, et cette année-ci est la seule où il n'y ait pas eu de séance consacrée à la question du Métropolitain. C'est d'autant plus

étonnant que la question est près d'aboutir. Quant à l'intérêt qui s'y attache, personne ne le méconnaît. La question du Métropolitain est éminemment actuelle, tandis que les autres questions portées à l'ordre du jour ont certainement leur intérêt et une grande importance, mais elle n'ont pas la même actualité. Cette question sera bientôt débattue devant les Chambres. Si l'on veut que, dans un débat qui est plus que tout autre du domaine de l'ingénieur, la grande voix de la Société des Ingénieurs civils soit prise en considération, c'est avant que ce débat soit commencé que cette voix doit se faire entendre.

Ce sont ces considérations qui me font demander à la Société et à M. le Président de mettre à l'ordre du jour de la prochaine séance la discussion sur le Métropolitain et la communication qui doit la précéder.

M. le Président. — La discussion du Métropolitain a été ajournée pour une question d'ordre intérieur, si je me le rappelle bien. On a dit : La question est entre les mains des pouvoirs publics, en ce moment, il serait inopportun de les entraver. Si la Société désire écouter la communication de M. Boudenoot sur le Métropolitain, communication qui ne peut évidemment manquer d'intérêt, car c'est toujours une question d'actualité, il n'y a certainement rien qui s'y oppose ; il suffit que la Société exprime son désir d'écouter cette communication à la prochaine séance.

(L'assemblée consultée adopte, à l'unanimité, la proposition.)

M. le Président. — Vous aurez, à la prochaine séance, la communication et la discussion sur le Métropolitain.

L'ordre du jour porte la communication de M. Émile Bert sur la Convention internationale pour la protection de la propriété industrielle et la circulaire du Ministre du commerce et de l'industrie du 26 février 1886.

M. Émile Bert a la parole.

M. Émile Bert. — Messieurs, à votre précédente réunion, M. Edouard Simon vous a signalé, dans la très intéressante communication qu'il vous a faite, les dangers que pouvait faire courir à notre industrie l'article 10 de la Convention internationale pour la protection de la propriété industrielle.

Les questions sur lesquelles M. Simon a appelé votre attention, sont pour la production française de la plus haute importance et méritent qu'on les examine de la façon la plus sérieuse. Aussi, vous demanderai-je la permission d'y consacrer une partie de votre séance d'aujourd'hui.

Du reste, les questions relatives à la propriété industrielle vous intéressent tous, car il n'est pas un seul de vous qui, au cours de sa carrière, n'ait à s'occuper plus ou moins de brevets d'invention, de marques, modèles ou dessins de fabrique.

Avant de vous parler de la Convention internationale, je crois utile de vous dire d'abord quelques mots d'une récente circulaire du Ministre du commerce et de l'industrie, qui est relative à l'introduction en France d'objets fabriqués à l'étranger et portant des marques indiquant une provenance française.

Cette circulaire est ainsi conçue :

« Paris, le 26 février 1886.

» Monsieur,

» L'attention du gouvernement a été appelée sur le préjudice que cause à notre industrie la pratique qui consiste à introduire en France des objets fabriqués à l'étranger et qui portent soit la désignation d'une localité française, soit le nom véritable ou simulé d'un fabricant français. Quelquefois ces produits, après avoir été importés sous le régime de l'entrepôt réel, sont réexpédiés, avec une apparence d'origine française, sur les marchés étrangers, où ils font aux produits vraiment français une concurrence déloyale.

» Après une étude approfondie de la question, mon Département, d'accord avec ceux des finances et de la justice, a reconnu que la jurisprudence établie par un arrêt de la Cour de cassation, en date du 23 février 1884, fournit les moyens de défendre notre industrie contre les abus signalés plus haut.

» Cet arrêt a décidé que le fait d'apposer sur des produits fabriqués à l'étranger des mentions telles que *Nouveautés de Paris*, *Modes parisiennes*, tombe sous l'application de l'article 1er de la loi du 23 juin 1857.

» Il résulte, en outre, de cet arrêt, que la prohibition de la loi est absolue et qu'il n'y a pas lieu de distinguer si l'apposition, sur un produit industriel, de noms supposés ou altérés a eu lieu sur l'ordre d'un commerçant français : cette jurisprudence infirme ainsi celle qui avait été consacrée par l'arrêt de la même Cour, en date d'avril 1864, et par lequel elle avait déclaré que l'article 19 de la loi du 23 juin 1857 n'était applicable qu'à l'usurpation frauduleuse, faite à l'étranger, soit de la marque, soit du nom d'un fabricant français, et que, par suite, il n'y avait aucun délit quand c'était du consentement et par ordre de celui-ci que son nom et sa marque étaient apposés sur des produits fabriqués à l'étranger.

» Il m'a donc paru, ainsi qu'à MM. les Ministres des finances et de la justice, qu'il y avait lieu de rapporter les dispositions contenues dans la circulaire ministérielle adressée, le 8 juin 1864, aux Chambres de commerce, à la suite de l'arrêt précité de la Cour de cassation, en date du 9 avril précédent. Nous avons, en conséquence, décidé qu'à l'avenir tous les produits venant de l'étranger et portant soit la marque, soit le nom d'un fabricant français, soit enfin une mention quelconque pouvant faire supposer que lesdits produits seraient de provenance

française, seront saisis conformément à l'article 10 de la loi du 23 juin 1857.

» J'ajoute que certaines maisons françaises se font adresser de l'étranger, en entrepôt, des produits revêtus de leurs marques de fabrique et qu'elles les expédient ensuite comme étant de fabrication française : je ne doute pas que ces maisons ne cessent d'employer des procédés qui, en dehors de toute autre considération, les exposeraient à la saisie de leurs produits et à des poursuites judiciaires.

» Je vous serai obligé de vouloir bien m'accuser réception de la présente circulaire, que vous vous empresserez, je n'en doute pas, de porter à la connaissance des industriels et des commerçants de la circonscription de votre chambre.

» Recevez, monsieur, l'assurance de ma considération très distinguée.

» *Le ministre du commerce et de l'industrie,*

» Edouard Lockroy. »

La décision de la Cour de cassation dont il est question et la circulaire ministérielle elle-même sont fondées sur l'article 1er de la loi du 28 juillet 1824, dont voici le texte :

« Quiconque aura, soit apposé, soit fait apparaître par addition, retranchement ou par une altération quelconque, sur des objets fabriqués, le nom d'un fabricant autre que celui qui en est l'auteur, ou la raison commerciale d'une fabrique autre que celle où lesdits objets auront été fabriqués, ou enfin le nom d'un lieu autre que celui de la fabrication, sera puni des peines portées à l'article 423 du Code pénal, sans préjudice des dommages-intérêts, s'il y a lieu. »

« Tout marchand, commissionnaire ou débitant quelconque sera passible des effets de la poursuite, lorsqu'il aura sciemment exposé en vente ou mis en circulation les objets marqués de noms supposés ou altérés. »

Et sur l'article 19 de la loi du 23 juin 1857, ainsi libellé :

« Tous produits étrangers portant soit la marque, soit le nom d'un fabricant résidant en France, soit l'indication du nom ou du lieu d'une fabrique française, sont prohibés à l'entrée et exclus du transit et de l'entrepôt, et peuvent être saisis en quelque lieu que ce soit, soit à la diligence de l'administration des douanes, soit à la requête du ministère public ou de la partie lésée. »

D'après le texte des dispositions législatives que je viens de vous lire, il semble qu'aucune manœuvre déloyale ne puisse échapper à la répression et qu'il importe peu que ce soit avec ou sans le consentement d'un fabricant français, que des mentions telles que *Nouveautés de Paris*, — *Modes parisiennes*, aient été apposées sur des produits importés en France, pour que la marchandise puisse être saisie. Dans l'un comme dans l'autre cas, il y a altération ou supposition d'un

lieu de fabrication, qui tend à tromper l'acheteur sur l'origine du produit et cause à l'industrie française similaire un préjudice certain.

Pendant longtemps cependant (de 1864 à 1884), l'interprétation contraire a été admise à la suite d'un arrêt de la Cour de cassation du 9 avril 1864, rendu dans des conditions de faits particulières. Des fabricants de nécessaires de voyage, MM. Schmidtt et Navarre, établis à Paris, avaient introduit en France des rasoirs fabriqués en Angleterre et portant leur marque et le mot « Paris ». — Les tribunaux décidèrent que Schmidtt et Navarre ne faisant point le commerce de coutellerie et les rasoirs n'étant que des pièces accessoires de nécessaires de voyage, réellement fabriqués à Paris, l'article 19 de la loi de 1857 était inapplicable.

Cette interprétation restrictive qui permettait d'introduire des objets fabriqués à l'étranger et portant l'indication d'une fabrique française dans ces conditions spéciales et restreintes fut étendue par une circulaire que le Ministre du commerce, de l'agriculture et des travaux publics adressa aux agents du gouvernement, à la date du 8 juin 1864, dont voici les termes :

« L'article 19 de la loi du 23 juin 1857 n'est applicable qu'à l'usurpa-
» tion frauduleuse, faite à l'étranger, soit de la marque, soit du nom
» d'un fabricant français, et, par suite, il n'y a aucun délit quand c'est
» du consentement et par l'ordre de celui-ci que son nom et sa marque
» ont été apposés sur les produits fabriqués à l'étranger.

» L'importation et le transit de produits portant la marque ou le nom
» d'un fabricant français peuvent s'effectuer sous les conditions du tarif,
» s'ils sont accompagnés d'un certificat constatant que ces produits ont
» été fabriqués sur sa demande et qu'ils lui sont destinés. »

L'article 19 de la loi du 23 juin 1857 n'exige pas que les produits portent *faussement* la marque ou le nom d'un fabricant résidant en France ; il suffit qu'ils portent la marque ou le nom de ce fabricant.

Où la loi n'a pas fait de distinction, on ne saurait en admettre ; l'article 19 de la loi du 23 juin 1857 est général, et c'est ajouter à son texte que de soutenir qu'il ne doit pas s'appliquer lorsqu'un industriel, résidant en France, y introduit des produits étrangers portant sa marque ou le nom de la localité qu'il habite. Il est inadmissible, comme le dit avec juste raison la Cour de Chambéry dans son arrêt du 30 décembre 1883, que des actes illicites, interdits aux fabricants étrangers, puissent devenir licites, par le fait qu'un négociant français ou simplement résidant en France consentirait à s'en rendre complice, en donnant des instructions ou des moyens pour les commettre et en en partageant les bénéfices.

L'interprétation de la Cour de cassation, bien que très large, pouvait encore se justifier par les circonstances tout à fait spéciales dans les-

quelles elle se présentait; mais la circulaire ministérielle allait beaucoup trop loin.

Sous le régime créé par cette circulaire, certains négociants avaient pris l'habitude de faire fabriquer leur produits à l'étranger où la main-d'œuvre est plus économique, et de les faire importer en France avec l'indication du lieu de leur établissement commercial. Cette pratique souleva de nombreuses plaintes et la Chambre de commerce de Paris, saisie de la question, prit, à la date du 15 février 1882, une délibération aux termes de laquelle elle déclara qu'elle regardait le nom de Paris comme la propriété des industriels et négociants qu'elle avait mission de défendre, et qu'elle était disposée à se porter partie civile dans les poursuites intentées contre les négociants qui introduisaient en France, avec l'indication du nom de Paris, des produits fabriqués à l'étranger.

A la suite de cette délibération, au mois d'avril 1882, les agents de la douane, agissant en vertu de l'article 19 de la loi de 1857, opérèrent la saisie de caisses de boutons fabriqués en Italie, et portant les indications : *Paris*, *Nouveautés de Paris* ; *Paris*, *dernière nouveauté*; *Paris déposé*.

Les marchandises saisies étaient adressées à un négociant de Paris, sur l'ordre duquel elles avaient été fabriquées.

Ce négociant, d'abord acquitté par le tribunal de Saint-Jean-de-Maurienne, fut ensuite condamné par la Cour d'appel de Chambéry, qui réforma le jugement de ce tribunal par son arrêt du 30 décembre 1883.

Saisie de cette affaire, la Cour de cassation décida, le 23 février 1884, que l'article 1er de la loi du 28 juillet 1824, édicté en vue de maintenir et de protéger la loyauté du commerce, prohibait d'une manière absolue et punissait l'apposition, sur un produit industriel, du nom d'un lieu autre que celui de la fabrication, ou son apposition par suite d'une altération quelconque ; et que les principes posés par cette loi ayant été maintenus et confirmés par l'article 19 de la loi du 23 juin 1857, c'était à bon droit que les produits fabriqués en Italie avaient été saisis à leur entrée en France.

C'est cette nouvelle jurisprudence qui a été consacrée par la circulaire ministérielle que je vous ai lue tout à l'heure ; il faut espérer qu'elle ne subira plus de variation.

La question, dont j'ai l'honneur de vous entretenir en ce moment, ne touche en rien, Messieurs, aux théories du libre-échange ou de la protection. Ici, tout le monde doit être d'accord pour obtenir la répression des manœuvres de toutes sortes employées pour faire croire que des produits fabriqués hors de France ont été fabriqués en France, et pour faire bénéficier des produits étrangers de la notoriété dont jouissent les produits similaires français.

Sur ce point, la libre-échangiste Angleterre a été infiniment plus prévoyante que la nôtre ; depuis 1872, elle prohibe à l'importation intérieure ou en transit tous articles de fabrique étrangère ou tous colis de tels articles, portant, soit un nom ou un signe, ou une marque, qui indique ou fasse supposer que ces articles ont été fabriqués en un lieu quelconque du Royaume-Uni. Tout nom ou signe, ou marque indiquant, ou faisant supposer que chacun de ces articles a été fabriqué dans une ville ou dans un lieu ayant le même nom qu'une localité du Royaume-Uni, à moins qu'ils ne soient accompagnés du nom du pays dans lequel est situé ledit lieu, est considéré comme inscrit pour indiquer ou faire supposer que ces articles ont été fabriqués dans une localité du Royaume-Uni.

En 1884, M. Bozérian, l'auteur de nombreuses propositions de loi relatives au droit industriel, a présenté au Sénat une proposition de loi tendant au même but que la loi anglaise et ayant pour objet non-seulement d'arrêter à la frontière les produits portant des indications françaises, mais encore d'empêcher ces produits de reprendre leur apparence mensongère et de se vendre impunément dans l'intérieur du pays.

Il serait à souhaiter que cette proposition eût bientôt force de loi.

— Les dispositions des articles 7, paragraphe 1er, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18 et 19 de la loi du 23 juin 1857 sur les marques de fabrique et de commerce sont applicables : 1° à ceux qui ont apposé, soit sur des produits fabriqués à l'étranger ou en provenant, soit sur leurs enveloppes, bandes ou étiquettes, des noms, marques, signes ou indications destinés à faire croire qu'ils ont été fabriqués en France, ou qu'ils en proviennent ; 2° à ceux qui dans le même but ont employé des manœuvres ou combinaisons frauduleuses de nature à tromper sur la véritable origine des produits ; 3° à ceux qui, lorsque des produits ont été fabriqués dans une localité étrangère portant le même nom qu'une localité française, ou lorsqu'ils en proviennent, n'ont pas joint au nom de cette localité le nom du pays dans lequel elle est située ; 4° à ceux qui ont sciemment vendu, exposé en vente, introduit ou tenté d'introduire en France, ou mis en circulation ces sortes de produits.

En attendant que cette proposition soit discutée et ait reçu force de loi, nos lois actuelles, interprétées suivant la circulaire ministérielle du 26 février 1886, permettront de mettre fin à des abus qui se produisent depuis trop longtemps.

M. Émile Bert passe ensuite à l'examen de la Convention internationale et s'exprime ainsi :

La Convention internationale pour la protection de la propriété industrielle signée à Paris le 20 mars 1883 entre la France, la Belgique, le Brésil, l'Espagne, le Guatemala, l'Italie, les Pays-Bas, le Portugal, le Salvador, la Serbie et la Suisse, et à laquelle ont succes-

sivement adhéré l'Angleterre, la Tunisie, l'Équateur, la Suède, la Norwège et la République Dominicaine, a donné lieu l'année dernière à des discussions très vives et passionnées entre partisans et adversaires de ce contrat international.

Les adversaires ne demandaient rien moins que la dénonciation pure et simple de la Convention dont la France avait pris l'initiative.

Les défenseurs, tout en reconnaissant qu'un certain nombre de dispositions étaient critiquables, soutenaient qu'il ne fallait pas compromettre les résultats obtenus ; la Convention devant être revisée cette année par une Conférence internationale, qui se réunirait à Rome, on pourrait en améliorer le texte de façon à donner satisfaction aux légitimes réclamations des industriels et négociants français.

Les critiques étaient principalement et, pour ainsi dire, uniquement dirigées contre les articles 5 et 10.

L'article 5 permet à tout breveté d'introduire, sans encourir la déchéance, dans le pays où le brevet a été délivré, des objets semblables à ceux qui font l'objet de son brevet et qui ont été fabriqués dans l'un des États de l'Union.

L'article 10 est relatif au droit de saisie des produits revêtus de marques illicites ou portant une fausse indication de provenance.

Quelques autres articles (les art. 3, 4, 9 et 16 en particulier) ont bien donné lieu à diverses observations de détail, mais sans grande importance, et on peut dire que, sans les articles 5 et 10, la Convention eût été unanimement approuvée.

A la Conférence qui s'est effectivement réunie à Rome en avril dernier, des propositions dans un sens opposé ont été présentées sur les articles 5 et 10 par la France, la Belgique et l'Angleterre.

Au moment où allait s'ouvrir la discussion de ces propositions, le délégué des Pays-Bas demanda que la Conférence se prononçât d'abord sur la question de savoir si la Convention devait être revisée ou demeurer intacte. Il proposait de ne rien changer au texte primitif et d'ajourner la discussion des propositions de revision à une date postérieure. Cette motion fut acceptée par 5 voix (Belgique, Norwège, Pays-Bas, Suède et Suisse) contre 4 (Espagne, France, Italie et Tunisie) et 3 abstentions (Grande-Bretagne, Brésil et Serbie).

Après ce vote la Conférence décida que, sans en modifier le texte, on pourrait ajouter à la Convention des articles additionnels.

Ce second vote annulait pour ainsi dire le premier, puisque l'on allait pouvoir ajouter des articles additionnels à la Convention pour en interpréter le texte, et que ces articles auraient, après ratification, force de loi comme les articles primitifs. Il eût été plus logique de modifier le texte même de la Convention.

La discussion s'engagea d'abord sur les propositions relatives à l'article 5 dont le texte primitif est ainsi conçu :

« L'introduction par le breveté, dans le pays où le brevet a été

délivré, d'objets fabriqués dans l'un ou l'autre des États de l'Union, n'entraînera pas la déchéance.

» Toutefois le breveté restera soumis à l'obligation d'exploiter son brevet conformément aux lois du pays où il introduit les objets brevetés. »

Relativement à cet article, la France et la Belgique avaient soumis à la Conférence des propositions contraires.

L'administration française proposait de rédiger l'article 5 de la manière suivante, afin de bien préciser que les mots « exploiter son brevet » doivent être interprétés en ce sens que le breveté sera obligé d'établir sur le territoire de l'État dans lequel il a obtenu son brevet la fabrication des objets protégés par ledit brevet :

« L'introduction par le breveté, dans le pays où le brevet a été délivré, d'un modèle d'objets fabriqués dans l'un ou l'autre des États de l'Union, *et semblables à ceux qui sont garantis par ledit brevet*, n'entraînera pas la déchéance.

» Toutefois le breveté sera soumis à l'obligation d'exploiter son brevet dans ledit pays, *en y fabriquant des objets auxquels il s'applique* ».

L'administration belge demandait au contraire que :

« Le titulaire d'un brevet, qui exploite son invention dans l'un des Etats de l'Union, ne pourra être déclaré déchu de ses droits dans les autres pour défaut d'exploitation. »

Si l'on avait discuté ces deux propositions, il est peu probable que l'accord eût pu s'établir pour l'adoption de l'une ou de l'autre. Aussi M. Pelletier, délégué de la Tunisie, tenant compte des difficultés de la situation, présenta fort à propos la rédaction suivante :

« Chaque pays aura à déterminer le sens dans lequel il y a lieu d'interpréter chez lui le terme *exploiter*. »

Le délégué de l'Italie combattit cette proposition avec la plus grande vivacité. Laissant de côté tout ce qui a véritablement trait à la protection des inventions, son langage nous montre qu'il vise surtout la France. Il insiste, dit-il, afin que la Conférence repousse la proposition de M. Pelletier parce qu'il est persuadé que l'interprétation que les tribunaux français donneraient du mot « exploiter » serait contraire à l'esprit de la Convention. — Puis il ajoute que la délégation française se laisse guider par des considérations économiques, tandis que la Convention a pour but unique la protection de droits juridiques ressortissant à la propriété industrielle.

Un langage aussi vif, et je dirai même aussi injuste à l'égard des tribunaux et des délégués français, ne prêtait guère à la conciliation. Les délégués français firent justement remarquer que la proposition de M. Pelletier était des plus rationnelles. Puisque, la Conférence ayant décidé le maintien intégral de la Convention, chaque pays pourra, aux termes du second paragraphe de l'article 5, exiger que

l'exploitation ait lieu conformément à sa législation, il importait que, si la Conférence ne définissait pas le mot exploiter, elle laissât à chaque pays le droit de le faire. L'un de nos délégués, M. Nicolas, ajoute en réponse aux dernières observations du délégué de l'Italie, qu'on ne peut, sous le titre d'une Convention pour la protection de la propriété industrielle, faire un traité de commerce et changer la situation économique que les différents pays tiennent de leurs lois.

A la suite de ces très judicieuses observations, la proposition de M. Pelletier fut adoptée.

Cet article additionnel, que nous devons à l'habileté et à la persévérante initiative des délégués français, peut donner satisfaction aux nombreuses réclamations qu'avait soulevées l'ancien article 5.

En effet, si l'introduction d'objets fabriqués à l'étranger et semblables à ceux qui font l'objet d'un brevet français, n'est plus prohibée d'une façon absolue et ne peut plus entraîner la déchéance du brevet, les conséquences que redoutaient nos industriels de l'abrogation du paragraphe 3 de l'article 32 de la loi du 5 juillet 1844 sont extrêmement réduites et presque anéanties.

Pendant les deux premières années de son brevet, l'étranger appartenant à l'un des pays de l'Union, qui aura pris son brevet en France, pourra introduire autant qu'il voudra d'appareils ou de produits fabriqués à l'étranger suivant les indications de son brevet ; mais au bout de deux ans, il devra, d'après le second paragraphe de l'article 5, exploiter son brevet conformément à notre loi de 1844. Or, d'après cette loi, c'est la fabrication des objets brevetés qui constitue l'exploitation. « Ce que la loi accorde à un inventeur, disait à la Chambre des pairs le rapporteur de cette loi, M. de Barthélemy, ce n'est pas un monopole de commerce, proscrit par notre législation générale, mais un monopole industriel. » A ceux qui prétendent que le mot *exploiter*, employé par le législateur de 1844, est synonyme de vendre, il suffit d'opposer ces explications catégoriques du rapporteur.

Au bout de deux ans, le breveté étranger aura toujours la faculté d'introduire en France des objets fabriqués à l'étranger suivant les données de son brevet, mais, s'il ne veut pas encourir la déchéance pour défaut d'exploitation, il devra fabriquer en France même tous les objets qu'il livrera au commerce, et, par ce fait, l'introduction des objets fabriqués à l'étranger se trouvera très limitée.

Pour me résumer, et en laissant de côté la question de savoir si la clause de déchéance pour cause d'introduction d'objets fabriqués à l'étranger et l'obligation d'exploiter les brevets dans le délai de deux ans ne devraient pas disparaître de notre législation, j'estime que pour satisfaire à l'obligation d'exploiter son invention qui lui est imposée par le paragraphe 2 de l'article 32 de la loi du 5 juillet 1844, tout breveté est obligé de fabriquer en France les appareils ou produits qui

font l'objet de son brevet. De la combinaison du paragraphe 2 de l'article 32 de la loi du 5 juillet 1844 avec l'article 5 de la Convention internationale du 20 mars 1883, modifié par la Conférence de Rome du 29 avril 1886, il résulte que :

Tout étranger, appartenant à l'un des États de l'Union, possesseur d'un brevet délivré par le gouvernement français, pourra, pendant les deux premières années de son privilège, fabriquer les appareils ou produits brevetés à son profit, dans quelque pays de l'Union qu'il lui plaira, les introduire et les vendre librement en France. Mais à partir du moment où il est tenu d'exploiter son invention, il devra fabriquer en France tous les appareils ou produits vendus sur le territoire français.

La faculté d'introduire se trouve alors limitée aux objets destinés à des expositions, à des expériences ou à des essais, enfin à ceux-là seulement qui ne sont point destinés au commerce.

L'interprétation que je viens de donner de l'article 5 de la Convention et du paragraphe 3 de l'article 32 de la loi du 5 juillet 1844 permet de donner satisfaction, dans la mesure du possible, aux partisans et aux adversaires de la déchéance pour cause d'introduction d'objets brevetés en France et fabriqués à l'étranger.

Elle trouve un point d'appui dans le passage suivant d'un travail très étudié, publié par l'Union des fabricants, en 1885 :

« L'article 5 primitif portait droit d'introduction sans limite, mais il fut repoussé sous cette forme, et son admission ne fut prononcée qu'accompagnée de l'amendement suivant : « Toutefois, le breveté restera soumis à l'obligation d'exploiter son brevet conformément aux lois du pays où il introduit les objets brevetés. » D'où il résulte que le droit d'introduction peut valablement être limité, soit par la loi intérieure, soit par un règlement d'administration, même à l'introduction des modèles dont le breveté peut avoir besoin pour trouver un bailleur de fonds, par exemple, ce qui est déjà un avantage sérieux pour lui. »

Ces observations conservent encore aujourd'hui toute leur force.

Si la déchéance ne peut plus être absolue, l'introduction des produits brevetés pourra être très réduite et en outre les étrangers, qui voudront jouir du privilège que leur assure leur brevet en France, devront, comme par le passé, en établir la fabrication sur notre territoire.

Cette interprétation anéantit les craintes des industriels français, et les observations suivantes que je trouve dans l'organe officiel du Bureau international de l'Union pour la protection de la propriété industrielle (1er décembre 1885) ne peuvent plus se justifier :

« Les inconvénients qui résultent pour l'Allemagne de ce qu'elle n'a pas adhéré à la Convention poür la protection de la propriété industrielle sont très grands. Par suite de cette Convention, des produits fabriqués, munis de brevets et provenant des pays signataires, peuvent être introduits en France sans que le brevet français devienne caduc, tandis qu'il suffit de la présence de marchandises d'origine allemande

parmi ces produits pour entraîner la déchéance du brevet. Pour cette cause plusieurs fabriques allemandes ont été obligées de créer des succursales en France. »

De leur côté les adversaires de la clause de déchéance nous disaient, avec raison du reste, que beaucoup d'inventions étrangères restent inconnues en France parce que les inventeurs hésitent à se faire breveter chez nous. Si, après s'être fait délivrer un brevet en France, ils pouvaient, sans encourir de déchéance, introduire des spécimens fabriqués chez eux pour les présenter au public et en démontrer les avantages et s'ils voyaient après essais que leur invention réussisse, ils n'hésiteraient pas à créer dans notre pays une usine qui leur éviterait les frais de transport et de douane. — Au lieu de cela, ajoutent-ils, l'inventeur étranger, forcé de fabriquer immédiatement en France, hésite devant les difficultés que présente une fabrication hors de ses ateliers et recule devant les frais d'établir ou un centre de fabrication ou de s'adresser à d'autres industriels pour fabriquer les produits brevetés.

Avec l'interprétation que j'ai indiquée, l'inventeur étranger, breveté en France, peut dans certaines limites introduire des objets semblables à ceux de son brevet, tout en étant tenu d'établir en France le centre de sa fabrication.

Partisans et adversaires de la déchéance doivent y trouver satisfaction.

La bonne foi de la France ayant été suspectée au cours de la discussion relative à l'article 5, il serait à désirer que, pour éviter toute équivoque, le gouvernement français proposât au Parlement de déterminer le sens du mot exploiter, en même temps qu'il lui demandera d'autoriser le Président de la République à ratifier les modifications apportées à la Convention.

De la sorte, les divers pays contractants seraient immédiatement fixés et n'auraient pas à attendre qu'une jurisprudence s'établisse sur ce point, ce qui demanderait plusieurs années.

Je passe maintenant aux articles relatifs aux produits revêtus de marques illicites ou portant une fausse indication de provenance.

Les articles 9 et 10 du texte primitif de la Convention internationale sont ainsi conçus :

« Art. 9. — Tout produit portant illicitement une marque de fabrique ou de commerce, ou un nom commercial, pourra être saisi à l'importation dans ceux des États de l'Union dans lesquels cette marque ou ce nom commercial ont droit à la protection légale.

La saisie aura lieu à la requête soit du ministère public, soit de la partie intéressée, conformément à la législation intérieure de chaque État.

Art. 10. — Les dispositions de l'article précédent seront applicables à tout produit portant faussement, comme indication de provenance.

le nom d'une localité déterminée, lorsque cette indication sera jointe à un nom commercial fictif ou emprunté dans une intention frauduleuse.

Est réputée partie intéressée, tout fabricant ou commerçant engagé dans la fabrication ou le commerce de ce produit, et établi dans la localité faussement indiquée comme provenance. »

Si l'article 9 a été unanimement approuvé en France, il n'en est pas de même de l'article 10, à propos duquel les critiques furent aussi nombreuses et aussi vives que celles qu'avait soulevées l'article 5.

En exigeant, pour rendre possible la saisie en douane, deux conditions (une fausse indication de provenance jointe à un nom fictif ou usurpé), cet article, disait-on, était contraire aux intérêts français, puisqu'il restreignait la sphère d'application de la loi du 23 juin 1857, qui permet de saisir en douane toute marchandise provenant de l'étranger avec l'indication d'une provenance française jointe ou non à un nom de fabricant.

Cette interprétation, qui admettait que l'article 10 dérogeait à l'article 19 de la loi du 23 juin 1857, comme l'article 5 de la Convention avait dérogé à l'article 32 paragraphe 3 de la loi du 5 juillet 1844, était repoussée par les défenseurs de la Convention qui soutenaient, au contraire, que les dispositions de l'article 10 devaient être applicables dans tous les pays dont la législation intérieure ne permettait pas la répression des faits visés par cet article, mais que dans tous ceux où la législation intérieure contenait des dispositions plus sévères que celles de l'article 10 (comme la législation française), c'étaient ces lois intérieures qui devaient être appliquées.

Suivant cette seconde interprétation, non seulement la Convention n'apportait aucune modification à l'article 19 de notre loi du 23 juin 1857, mais encore tous les ressortissants de l'Union pouvaient en demander l'application, en se fondant sur l'article 2 de la Convention, qui accorde aux sujets ou citoyens de tous les États de l'Union les avantages que les lois de ces États accordent à leurs nationaux et le même recours légal contre toute atteinte portée à leurs droits.

C'est cette seconde interprétation que donne à l'article 10 M. Bozézian, qui fut le président de la Conférence internationale qui élabora la Convention du 20 mars 1883. Du travail qu'il a publié à ce sujet, nous extrayons le passage suivant :

« Il résulte de la discussion qui a eu lieu qu'on n'a nullement entendu faire échec à la législation de chacun des pays contractants, et qu'on a seulement voulu, dans le cas où ces législations seraient insuffisantes ou inefficaces, fournir aux intéressés de nouveaux moyens de combattre les fraudes contre lesquelles ils ont à se défendre.

» Nos lois du 28 juillet 1824 et du 23 juin 1857 demeurent donc en pleine vigueur.

» Les saisies à l'importation sont absolument distinctes de celles qui

peuvent avoir lieu dans l'intérieur du pays où le produit a été introduit. Les produits auxquels l'article 10 de la Convention peut s'appliquer, ne deviennent pas licites par ce seul fait qu'ils n'ont pas été arrêtés à l'importation : ils sont introduits aux risques et périls de l'importateur, et, s'ils tombent sous le coup de la loi française, ils peuvent, même après avoir franchi la frontière, être saisis sur le territoire français. »

Voilà quel était l'état de la controverse relative à l'article 10 au moment où s'est réunie la Conférence de Rome.

Je dois maintenant vous indiquer quelles sont les modifications qui ont été apportées à cet article.

La Conférence a d'abord discuté une proposition faite par l'Angleterre et qui était ainsi conçue :

« Tout produit portant illicitement une indication mensongère de provenance pourra être saisi à l'importation dans tous États contractants.

» La saisie pourra également être effectuée dans le pays où l'indication mensongère aura été apposée, ainsi que dans le pays où le produit aura été introduit.

» La saisie aura lieu à la requête soit du ministère public, soit d'une partie intéressée, individu ou société, conformément à la législation intérieure de chaque État.

» Est réputé partie intéressée, tout fabricant ou commerçant engagé dans la fabrication ou le commerce de ce produit, et établi dans la localité faussement indiquée comme provenance.

» Les tribunaux de chaque pays auront à décider quelles sont les appellations qui, à raison de leur caractère générique, échappent aux présentes dispositions.

» Les autorités ne sont pas tenues d'effectuer la saisie en cas de transit. »

A la suite d'observations, le délégué de l'Angleterre consentit à supprimer le troisième alinéa de sa proposition : « Est réputé partie intéressée, tout fabricant ou commerçant engagé dans la fabrication ou le commerce de ce produit, et établi dans la localité faussement indiquée comme provenance », à la condition qu'il soit bien entendu que la partie intéressée sera déterminée d'après le second paragraphe de l'article 10 de la Convention.

M. Monzilli, délégué de l'Italie, combattit encore cette proposition avec acharnement.

Pour bien vous faire comprendre l'esprit qui l'animait, il me paraît utile de vous citer quelques passages de ses observations :

« La délégation italienne, dit-il, ne peut se rallier à la proposition présentée par l'Angleterre, qui ne lui paraît pas se rattacher à la propriété industrielle, mais viser uniquement la protection des intérêts généraux de l'industrie, ou la réputation industrielle d'un pays. C'est

un usage général de revêtir certains produits fabriqués de la désignation d'une localité renommée pour cette fabrication. Le pays qui a acquis cette renommée n'est pas blessé par ce fait, qui lui procure une réclame gratuite. Ce sont les consommateurs qui ont à se plaindre de ce système, qui n'est souvent qu'un simple préjugé. Cette disposition serait plus sévère que celle de la loi française de 1857 qui s'applique uniquement aux fausses indications de localités françaises déterminées, tandis que celle de l'Angleterre se sert du terme *fausse provenance* dont la portée est plus étendue. La législation italienne, ajoute-t-il, ne prévoit rien de semblable et il doute que le Parlement de ce pays soit disposé à prendre l'engagement de faire saisir en Italie tous les produits nationaux ou étrangers portant une fausse indication de provenance. »

L'un des délégués français, M. Nicolas, fait observer que c'est la première fois qu'il entend affirmer que le nom d'une localité ne peut pas être considéré comme l'objet d'une propriété industrielle ; que des noms tels que *Scheffield* ou *Paris*, dont la réputation est due à des siècles de travail honnête et glorieux, appartiennent à la collectivité des fabricants de ces villes et ont le même droit à la protection que ceux des particuliers.

A ces justes observations, M. Monzilli répond que l'Italie ne serait pas disposée à faire saisir des produits portant l'indication de *modes de Paris*, *nouveautés de Paris*, ou celle de *London*.

Sur l'observation du délégué de l'Angleterre, qui demande si c'est au point de vue de la probité commerciale que M. Monzilli défend l'apposition d'une fausse indication de provenance sur un mauvais produit, celui-ci répond qu'il ne nie pas que, dans certains cas, un tel acte soit immoral, mais qu'il le considère comme étranger à la question de la propriété industrielle.

A la suite du débat dont je viens de vous indiquer les grands traits, la proposition de l'Angleterre fut adoptée par huit voix (Belgique, France, Espagne, Grande-Bretagne, Norwège, Pays-Bas, Suède et Tunisie), contre une (Italie) et trois abstentions (Brésil, Serbie et Suisse).

Personne en France ne critiquerait cette proposition, si elle n'eût été complétée par la suivante qui fut présentée par la Belgique et, après une légère modification, ainsi libellée :

« Il n'y a pas intention frauduleuse dans le cas prévu par le paragraphe premier de l'article 10 de la Convention, lorsqu'il sera prouvé que c'est du consentement du fabricant dont le nom se trouve apposé sur les produits importés, que cette apposition a été faite. »

La discussion qui s'engagea sur cette seconde proposition, présente une importance capitale au point de vue de la double interprétation de l'ancien article 10 que je vous ai précédemment indiquée.

Aussi, il me paraît indispensable de vous lire le passage du compte

rendu officiel des séances de la Conférence de Rome qui y est relatif.

« M. Dujeux (Belgique) dit que sa proposition n'entraîne aucune modification à l'article 10 de la Convention, mais qu'elle a seulement pour but d'expliquer les deux mots de l'article 10 : «intention frauduleuse».

« Il lui paraît indispensable de bien préciser l'interprétation à donner aux mots : intention frauduleuse, parce que la Cour de cassation française a arrêté en 1884 qu'il y a intention frauduleuse même lorsqu'il y a le consentement et l'ordre de la partie intéressée. — Cet arrêt a été consacré tout récemment dans une circulaire du ministre du commerce français. Ces décisions sont contraires à celles que la jurisprudence française avait données antérieurement, ainsi qu'à l'esprit de l'article 10 de la Convention. »

« M. Nicolas (France) explique que la proposition de M. le délégué belge *aurait le grave résultat de modifier de fond en comble, au détriment de l'industrie française, l'article 19 de la loi du 23 juin 1857.—L'Administration française ne peut pas consentir à abandonner cette disposition.* Déjà, dans la Convention de 1883, la France a consenti à des concessions qui ont été trouvées exagérées et qui sont vivement attaquées dans ce pays. *La délégation française doit se refuser avjourd'hui à une concession, qui permettrait à des commerçants français de faire fabriquer leurs produits à l'étranger, et de les vendre ensuite comme provenant de fabricants français.* Ce serait contraire non seulement aux intérêts de l'industrie française, mais encore au droit pénal et à la loyauté des transactions.

» Il ajoute qu'il faut laisser aux tribunaux de chaque pays le soin d'interpréter ses lois; la Conférence sortirait de ses attributions en se livrant à une interprétation de la loi française, et cela serait d'autant plus grave que l'interprétation proposée par M. le délégué de la Belgique est formellement contraire à l'interprétation donnée à la loi française par la Cour de cassation française.

» Il supplie MM. les délégués de rester dans leur rôle de protecteurs de la propriété industrielle, et, sous le prétexte de protéger cette propriété, de ne pas chercher à modifier la législation intérieure et le régime économique de chacun des pays de l'Union. La Conférence vient de proclamer le respect de chaque législation intérieure : au nom du même respect, la délégation française insiste de la façon la plus énergique, pour que la proposition de M. le délégué de la Belgique ne soit pas admise. »

Malgré cette vigoureuse protestation, la proposition présentée par la délégation belge fut adoptée par 5 voix (Belgique, Espagne, Grande-Bretagne, Italie et Pays-Bas) contre 4, (France, Norwège, Suède et Tunisie) et trois abstentions (Brésil, Serbie, Suisse).

Les explications qui ont été fournies sur cette proposition par M. Dujeux (Belgique) et par M. Nicolas (France) ont, je vous le disais il y a un instant, une importance capitale.

En effet, il n'est pas douteux, à la suite de ces observations, qu'on a voulu apporter une restriction à l'article 19 de notre loi du 23 juin 1857, et, comme conséquence, il me paraît impossible de dire maintenant, avec M. Bozérian, que nos lois du 28 juillet 1824 et du 23 juin 1857 demeurent en pleine vigueur.

Il ne faut pas oublier que cet article additionnel à l'article 10 est un article interprétatif; or, comment soutenir aujourd'hui que l'article interprétatif apportant une dérogation expresse aux deux lois françaises que je viens de citer, l'article principal (l'ancien article 10) n'apporte pas aussi aux mêmes lois la même dérogation?

Je voudrais pouvoir soutenir le contraire; mais cela me paraît impossible.

En présence des déclarations si nettes de MM. Nicolas et Dujeux, je crois qu'il faut admettre que l'article 19 de notre loi du 23 juin 1857 ne peut pas s'appliquer strictement, suivant la circulaire ministérielle du 26 février dernier, aux sujets des États de l'Union, mais seulement dans les conditions indiquées par la Convention.

Si le Parlement français autorisait le président de la République à ratifier purement et simplement les modifications apportées à la Convention, l'industrie nationale, au moment où elle lutte déjà si péniblement contre la concurrence étrangère, non seulement sur les marchés extérieurs, mais encore sur notre propre marché, aurait encore à supporter les déplorables conséquences du régime international que je viens de vous signaler.

Non seulement des industriels français pourraient faire fabriquer à l'étranger et introduire des produits portant leur marque de fabrique et l'indication du siège de leur maison en France, ce qui leur permettrait de vendre comme produits fabriqués en France des produits fabriqués à l'étranger, en trompant les consommateurs sur leur véritable origine et en enlevant ces produits à la production nationale, mais il y a encore une seconde catégorie de personnes qui pourraient profiter des restrictions apportées à l'article 19 de la loi du 23 juillet 1857 : ce sont les sujets ou citoyens des États contractants, et ceux qui, sans appartenir à l'un de ces pays, y ont leur domicile ou même y possèdent simplement des établissements industriels ou commermerciaux.

Ces diverses classes d'étrangers pourraient venir en France établir à Sedan, à Lyon ou à Paris un semblant de fabrication et avoir ainsi la faculté de vendre librement des quantités énormes de draps fabriqués à l'étranger avec la mention X... à Sedan, ou des soiries avec la mention Y.... à Lyon, ou des articles de Paris avec la mention Z... à Paris, suivant qu'il leur plaira de se fixer dans l'une ou l'autre de ces localités.

Nous ne pouvons pas, Messieurs, admettre que des résultats aussi contraires à la loyauté soient possibles.

Permettez-moi de vous donner encore un exemple et de vous montrer l'anomalie qui existerait entre les situations respectives des deux industriels dont je vais vous parler.

Au n° 50 du boulevard Montmartre est établi, je suppose, la maison de vente des produits qu un industriel français (que j'appellerai Martin) fabrique à Paris dans le faubourg Saint-Denis, où sont ses ateliers.

Ces produits sont vendus avec la marque suivante : « Martin, 50, boulevard Montmartre ; usine faubourg Saint-Denis. »

Un peu plus loin, au n° 60, un industriel étranger, Jean par exemple, possède une maison de commerce où il vend les mêmes produits avec la marque : « Jean, 60, boulevard Montmartre ; ateliers rue Saint-Maur, 150. »

Les produits qui sont vendus par celui-ci proviennent pour 90 0/0 de l'étranger, et au n° 150 de la rue Saint-Maur il n'y a que quelques ouvriers. L'existence de cet atelier lui donne incontestablement la qualité de fabricant et il devient impossible d'empêcher l'importation des produits dont l'entrée serait interdite par la loi de 1857.

Si nous supposons maintenant que Martin ait l'imprudence d'indiquer sur ses prospectus une médaille ou une autre récompense industrielle qu'il n'a pas obtenue, voilà un homme qui peut être condamné à des peines très sévères (50 à 6,000 fr. d'amende et même un emprisonnement de 3 mois à 2 ans), sans préjudice des dommages-intérêts qui pourraient être accordés à des concurrents pour réparation de ces faits de concurrence déloyale.

Sans vouloir excuser de pareils agissements, je ne puis m'empêcher de trouver que, justement sévères vis-à-vis de Martin, nous serions d'une impardonnable indulgence à l'égard de Jean. Les faits que l'on a à reprocher à Martin, qui est français, sont d'une gravité beaucoup moins grande que les agissements de Jean, qui est étranger.

Si les étrangers veulent nous faire concurrence, il faut au moins que cette concurrence soit loyale et sincère et qu'ils ne cherchent pas à substituer par fraude leurs produits aux nôtres. Il ne s'agit ici ni de libre-échange, ni de protection, mais simplement d'honnêteté : les plus chauds partisans du *laissez faire* et du *laissez passer* n'ont jamais soutenu qu'il fallait *laisser faire le vol* ou *laisser passer la fraude.*

Pour me résumer, après ces trop longues explications, je pense qu'il est du devoir du Gouvernement français de refuser d'admettre l'interprétation de l'article 10 qui résulte des discussions de la Conférence de Rome et de ne proposer au Parlement la ratification de la Convention qu'après s'être entendu au préalable avec les gouvernements des États contractants pour faire décider, d'un commun accord, que malgré les paroles prononcées par MM. Nicolas et Dujeux, nos lois des 28 juillet 1824 et 23 juin 1857 ne sont point altérées par la Convention et que l'article 10 et l'article additionnel qui y a été

ajouté ne sont applicables que dans les pays où la législation intérieure n'est pas plus sévère; en un mot, il faut faire accepter l'interprétation soutenue par M. Bozérian et dont je vous ai précédemment donné lecture.

Si, par impossible, les États de l'Union refusaient d'adopter cette interprétation, il serait préférable de renoncer aux avantages que comporte la Convention plutôt que de sacrifier dans une large mesure les intérêts de l'industrie française déjà si éprouvée.

Les partisans de la Convention nous disaient l'année dernière qu'à tout prix il ne fallait pas la dénoncer, dussions-nous en subir quelques inconvénients, parce que d'autre part elle nous assurait des avantages sérieux en admettant la réprocité d'une façon générale.

Certainement la Convention présente pour la France des avantages, je suis le premier à le reconnaître; mais pour se prononcer sur son maintien, il faut examiner si les avantages compensent suffisamment les inconvénients.

Si la Convention était dénoncée, quelle serait la situation de la France vis-à-vis de chacun des pays contractants?

En ce qui concerne les brevets d'invention, toutes les législations admettent les étrangers à en profiter sur leur propre territoire.

Quant aux marques, modèles et dessins industriels, la réciprocité est admise entre la France et presque tous les pays faisant partie de l'Union par des traités qui sont toujours en vigueur.

Nous avons les traités suivants :

11 mai . . . 1882	avec	la Belgique.
12 avril. . . 1876	—	le Brésil.
6 février. . 1882	—	l'Espagne.
11 mai . . . 1882	—	la Grande-Bretagne.
29 juin. . . 1862	et 3 Novembre 1881 avec	l'Italie.
30 décembre 1881	avec	la Norwège.
26 novembre 1881	—	les Pays-Bas.
19 novembre 1881	—	le Portugal.
30 décembre 1881	—	la Suède.
23 février. . 1882	—	la Suisse.

Tous ces traités assurent aux Français la protection à l'étranger de leurs marques, modèles et dessins de fabrique. — Avec l'Angleterre, on a en outre mentionné que les noms commerciaux et toutes marques particulières indiquant l'origine ou la qualité des marchandises seraient protégés.

En supposant que la Convention cesse de produire ses effets, la situation ne serait pas sensiblement changée. Les délais de priorité mentionnés par l'article 4 seuls seraient supprimés; or, les avantages de ces délais de priorité sont de peu d'importance.

S'il est à désirer que les droits de nos compatriotes soient assurés à l'étranger, vous voyez, Messieurs, que la Convention a changé peu

de chose à la situation antérieure à 1883, qui redeviendrait le droit commun si la Convention n'existait plus.

Outre les dispositions additionnelles aux articles 5 et 10 dont je viens de vous entretenir, la Conférence de Rome a rédigé un règlement pour l'exécution de la Convention internationale du 20 mars 1883 dont la plupart des articles n'ont qu'une importance relative. Je vous parlerai seulement de la disposition suivante qui a été adoptée sur la proposition de la délégation anglaise :

« Toute demande tendant à étendre un brevet à d'autres pays de l'Union devra être accompagnée d'un exemplaire manuscrit ou imprimé. de la description de l'invention et des dessins (s'il en existe), tels qu'ils auront été déposés dans le pays où la première demande a été faite.

» Cette copie devra être certifiée par le service spécial de la propriété industrielle de ce dernier pays. »

Dans la plupart des pays, il suffit actuellement de déposer deux exemplaires de la description et des dessins de l'invention à breveter; dorénavant il en faudra trois ; les frais de préparation des pièces à joindre aux demandes de brevets en seront augmentés dans de notables proportions, au grand détriment des inventeurs.

Un simple certificat de dépôt eût été suffisant pour atteindre le but que l'on visait.

Si, après la délivrance des brevets, des difficultés survenaient et que l'on alléguât contre l'inventeur que ses différentes demandes de brevets ne sont point identiques, c'est à ce moment seulement qu'il devient nécessaire de produire une copie du brevet déposé dans le pays d'origine.

Pourquoi obliger les inventeurs à fournir cette copie dans tous les cas, lorsqu'il est évident qu'elle ne peut avoir d'utilité que dans des cas très limités ?

D'un autre côté, cette disposition me semble devoir présenter de grandes difficultés d'application.

Les employés du ministère du commerce et de l'industrie, pour ne parler que de notre pays, connaîtront rarement la langue dans laquelle le brevet primitif aura été délivré; par suite, toute vérification est impossible. On ne peut cependant pas obliger nos fonctionnaires à connaître l'anglais, l'allemand, l'italien et autres langues, pour donner satisfaction au délégué de l'Angleterre, qui motivait sa proposition par la considération qu'il était nécessaire qu'un document officiel quelconque certifiât que l'invention, pour laquelle on réclame à l'étranger le bénéfice de la Convention, est vraiment la même que celle qui a été déposée dans le pays d'origine. La langue universelle (quand le volapuck sera admis!!!) peut seule permettre la vérification demandée.

Ce sont ceux qui ont intérêt à contester cette uniformité qui doivent supporter les frais de la vérification, et non pas l'inventeur.

D'un autre côté, l'obligation pour les Françai de fournir une copie authentique du brevet déposé ici, pour pouvoir profiter à l'étranger des avantages de la Convention, donnerait certainement lieu à des difficultés insurmontables, notamment lorsqu'ils voudraient se faire breveter en Angleterre.

Vous savez, Messieurs, qu'en France, l'inventeur a toute liberté pour rédiger la description de son invention et les dessins qui l'accompagnent; tous les points signalés par lui sont protégés sans qu'il soit nécessaire de les revendiquer d'une façon spéciale.

En Angleterre, il en est tout autrement. L'inventeur peut déposer d'abord une spécification provisoire indiquant seulement, d'une manière générale, la nature de l'invention; neuf mois lui sont accordés pour compléter cette spécification provisoire par une spécification complète dans laquelle l'inventeur doit décrire et préciser son invention en détail et en indiquer le mode d'exécution. La spécification définitive doit en outre, obligatoirement, se terminer par des revendications spéciales dans lesquelles l'inventeur précise l'invention qu'il revendique.

Si, comme la loi le lui permet, l'inventeur français ne termine pas sa demande par ces revendications particulières qui sont exigées par la loi anglaise, sa demande de brevet en Angleterre sera-t-elle repoussée parce qu'elle n'est pas textuellement la reproduction de celle qu'il a déposée en France ?

D'un autre côté, si la disposition dont je m'occupe en ce moment ne disparaissait pas de la Convention, les inventeurs français ne pourraient plus prendre en Angleterre de patentes provisoires, car la description à joindre à cette première demande devant être la reproduction textuelle de celle qui fait l'objet de leur brevet français, elle contient tous les détails de l'invention.

Par ce qui précède, vous voyez, Messieurs, que l'obligation de fournir une copie authentique de la demande du brevet dans le pays d'origine, pour pouvoir invoquer la Convention, présenterait d'énormes difficultés, serait de la plus complète inutilité et occasionnerait aux inventeurs qui se font breveter à l'étranger un supplément de frais considérable.

Pour toutes ces raisons péremptoires, il faut absolument obtenir la suppression de cette obligation.

Si l'on veut que l'inventeur, qui demande à se faire breveter à l'étranger, fournisse la preuve qu'il est breveté dans son pays d'origine, il suffit d'un simple certificat contenant la date du dépôt et le titre de son brevet.

Je ne vous parlerai point de quelques autres dispositions du règlement adopté par la Conférence de Rome qui peuvent donner lieu à certaines observations de détail dont l'importance est, du reste, tout à fait secondaire.

Il ne me reste donc plus qu'à conclure.

Doit-on accepter ou rejeter purement et simplement la Convention

internationale, avec les modifications qui y ont été apportées par la Conférence de Rome, qui pour être exécutoires ont besoin de la ratification du Parlement ?

Malgré la satisfaction qui a été donnée aux réclamations de l'industrie française en ce qui concerne l'article 5, la France doit refuser absolument d'accepter cette Convention, à moins qu'il soit expressément stipulé que l'article 10 laisse intactes nos lois des 28 juillet 1824 et 23 juin 1857.

Il serait aussi désirable, mais ce point a moins d'importance, que, pour profiter des délais de priorité accordés par la Convention, les inventeurs soient seulement obligés de fournir un simple certificat de dépôt du brevet dans le pays d'origine et non une copie authentique.

Il y aurait encore bien des choses à dire sur la Convention dont je viens de vous signaler les points principaux, mais je ne voudrais pas abuser de vos précieux moments en occupant plus longtemps la bienveillante attention que vous avez bien voulu m'accorder. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT. — Ces questions sont excessivement intéressantes; certainement, la Société est très heureuse de vous avoir entendu.

M. Caillé a la parole pour sa communication sur l'acier à rails et sur la durée des rails en acier. *(Voir le Mémoire, page 470.)*

M. LE PRÉSIDENT. — Je remercie M. Caillé de sa très intéressante communication, qui détermine dans une certaine mesure, quel est l'avenir de l'acier dans la durée des rails de chemins de fer.

M. COÜARD. — Monsieur le Président, je demande la parole.

M. Caillé nous a dit que les rails dont il nous a parlé étaient posés partie en alignement droit, partie en courbe. Il a dû observer que l'usure n'est pas la même : en alignement droit, l'usure est plus forte dans l'accotement que dans l'entrevoie; dans les courbes, l'usure est plus forte dans le petit rayon que dans le grand rayon. Je voudrais savoir si les rails très usés étaient dans l'accotement de l'alignement droit ou dans le petit rayon de la courbe, et si les rails peu usés étaient dans les autres parties de la voie.

M. CAILLÉ. — Les rails les plus usés, venant d'Imphy, étaient en alignement droit. Le rail de Saint-Chamond très usé, pris le premier, était dans une courbe; mais, depuis, on en a pris en alignement droit, et nous avons remarqué que l'usure était à peu près la même. Toutefois la forme de l'usure est différente: l'une est oblique, et l'autre est normale par rapport à l'axe du rail. Un fait particulier se produit dans les courbes : le métal glisse sur lui-même à la surface des rails et forme bourrelet sur les bords des champignons. Ce bourrelet se produit lorsque les rails ne sont pas assez durs. Il y a alors deux phénomènes qui se produisent: la formation de ce bourrelet latéral, et puis l'enflure du champignon supérieur; car nos rails de la Compagnie d'Orléans sont mal épaulés par-dessous, et il y a enflure de

tous nos rails doux. Nous avons fait cette vérification sur tous les rails de Saint-Chamond ; ils sont en acier relativement doux, puisque la résistance est de 64 kilog. : le champignon a cédé sous la charge. Si l'enflure n'avait pas eu lieu, ce rail se serait beaucoup moins usé que le rail d'Imphy.

M. Coüard. — Sur certains réseaux, on constate que les rails se fendent longitudinalement au bout d'un certain temps, et cela sur une large échelle. . . .

M. Caillé. — « *Sur une large échelle* », ce n'est pas le mot. J'ai fait moi-même des vérifications de garantie; j'ai constaté que le nombre n'en était pas grand, puisque la proportion des rails défectueux n'était que 0,004.

M. Coüard. — Alors, vous avez déjà renouvelé des voies établies primitivement avec des rails d'acier. Pourquoi les a-t-on renouvelées?

M. Caillé. — On les a renouvelées parce qu'il y avait une certaine quantité de rails qui demandaient à être remplacés.

M. Coüard. — Pour cause d'usure.

M. Caillé. — Nous avons très peu de ces renouvellements. En ce moment, nous changeons tous les rails entre Paris et Orléans, qui s'usaient rapidement, nous les reportons sur la ligne de Vendôme, et nous les remplaçons par des rails de 11 mètres de longueur. Mais nous faisons peu de renouvellements ; il y a certainement des rails qui se fendent, mais ce n'est pas un défaut très développé.

M. Coüard. — J'avais entendu dire que ce défaut se développait dans les rails provenant de l'usine d'Aubin et qui sont en acier Martin. Or, l'acier Martin présente une particularité : les rails qui se comportent bien ont 1/100 de silicium ; — or, il n'y a pas de silicium dans l'acier Martin. Je voudrais savoir si, dans les aciers d'Aubin, le silicium a été constaté. Là où il n'y a pas de silicium, il y a fissures longitudinales. Or, j'ai vu, d'après les statistiques de la Compagnie d'Orléans, qu'on renouvelait un certain nombre de kilomètres de voie. Si vous remplacez les rails de 5^{m},50 par des rails de 11 mètres, je crois que c'est par suite de la fente longitudinale qui se produit et que j'attribue à l'absence de silicium dans le métal. J'espérais avoir quelques détails sur cette fabrication.

M. Caillé. — Comme vous parliez de remplacements de rails, je croyais qu'il s'agissait des remplacements de Paris à Orléans ; comme il n'a pas été posé de rails d'Aubin, dans cette partie-là, je pensais qu'il ne s'agissait que d'usines étrangères. Quant aux rails d'Aubin, je suis obligé de dire qu'ils se détériorent beaucoup et qu'il y a beaucoup de remplacements.

M. Coüard. — Pourquoi ?

M. Caillé. -- C'est précisément à cause de ces fentes longitudinales dont vous venez de parler. La matière était impure et, au bout de deux ou trois ans, certains d'entre eux se sont fendus.

M. Coüard. — Les analyses d'Aubin doivent être connues, puisque c'est une usine qui vous appartient.

M. Caillé. — Les résultats de ces analyses ne nous ont pas été communiqués.

M. Coüard. — Si on avait constaté l'absence de silicium, dans les rails défectueux, c'était condamner l'opinion de M. Dudley qui prétendait que le silicium était mauvais.

Je crois, au contraire, que le silicium est bon à recommander, pour diminuer l'usure sur les réseaux français, les ruptures transversales sont rares, il n'y a guère que les fissures longitudinales qui se produisent. Si l'on pouvait y remédier, la durée des rails serait beaucoup plus longue.

M. Caillé. — La fabrication au Bessemer paraît avoir supprimé en grande partie ces inconvénients, et nous les supprimerons d'autant plus que nous demandons aux usines des aciers de qualité supérieure.

M. Coüard. — Je ne sais pas si la Compagnie d'Orléans a déjà posé des rails en acier basique ; ils doivent présenter ce défaut que je signalais : la tendance à se fendre.

M. Caillé. — Nous avons posé mille tonnes de ces rails, il y a un an ; nous n'avons pas encore constaté de ces fissures.

M. le Président. — Je remercie beaucoup M. Caillé de sa très intéressante communication.

Je donnerai la parole à M. de Baillehache pour sa communication sur son système de rail isolé et contre-rail juxtaposé permettant de signaler les trains d'une façon absolue aux passages à niveau, bifurcations et gares.

M. de Baillehache. — Le contre-rail isolé, dont je présente le modèle, est placé en dehors de la voie ferrée à 4 millimètres du rail, auquel il demeure parallèle. Il est formé d'une longrine, qui est solidement tirefonnée sur deux traverses à droite et à gauche des coussinets et qui épouse le profil du rail, contre lequel elle butte.

Cette longrine porte dans sa longueur un petit rail d'acier, dont elle est séparée par deux épaisseurs de cuir et de caoutchouc de quelques millimètres.

L'assemblage du petit rail avec la longrine est fait à l'aide de tirefond et son champignon est en dos d'âne à ses extrémités, pour présenter une pente insensible, lorsque le bandage d'une roue ou d'une machine vient le toucher.

A ce contre-rail est fixée une borne de serrage, qui est reliée par un câble isolé, noyé en terre, au fil de ligne, dont l'épanouissement aboutit à la sonnerie du poste où l'appel doit se faire et où se trouve la pile.

Les qualités que présente ce contre-rail sont les suivantes :

1° L'usure est la même que pour les rails de la voie courante ;

2° Le ballastage de la voie se fait normalement ;

3° La pose ne demande que quelques minutes sur les traverses ;

4° Le contact électrique est absolument certain, parce que les bandages de roues ne peuvent éviter de frictionner les contre-rails placés à droite et à gauche de la voie et qu'on peut multiplier les contre-rails pour présenter une plus grande longueur de contact, sur les voies sillonnées par des trains marchant à 100 kilomètres.

Avec les voies ferrées type Vignole, le contre-rail peut être d'une longueur égale à celle comprise entre deux éclisses, sans qu'on ait besoin d'encastrer les coussinets ordinaires, comme dans les voies à double champignon.

M. DE BAILLEHACHE fait ressortir la supériorité de son système sur tous les types de pédales essayées par les différentes Compagnies et notamment sur le crocodile du Nord, Il cite à l'appui de son assertion les rapports favorables de Messieurs les Ingénieurs des Mines et des Ponts et Chaussées, rapports qui constatent le bon fonctionnement de son système, même après 16,000 trains.

Il fait remarquer que dans le crocodile adopté sur le Nord, les machines pour produire un contact fugitif, sont aménagées avec des balais, tandis qu'avec le contre-rail le contact est constant pendant le roulement d'un train et bien plus sûr par la friction établie que par le balai du crocodile. — Et il en déduit qu'après avoir fait l'expérience de l'isolation du contre-rail sur plusieurs milliers de trains (Ouest, Orléans et Ceinture). il est désirable de voir appliqué le contre-rail par les Compagnies d'une manière générale, pour rectifier les erreurs fatalement commises, à certains jours, par des agents fatigués ou qu'un défaut d'attention amène à faire une fausse manœuvre.

Il fait ressortir aussi que par l'adjonction d'un fil de contrôle, le garde-barrière ou l'aiguilleur peuvent à tous moments, sans sortir de leur poste vérifier la pile, la ligne, la sonnerie, le contact du contre-rail : Pour y arriver, l'agent n'a qu'à presser sur le bouton de la sonnerie, qui réunit le fil de la ligne au fil de contrôle : La dépense supplémentaire d'un fil de contrôle est bien moins chère que celle occasionnée avec les pédales à courant continu employées sur le Paris-Lyon-Méditerranée, où il y a en pure perte une dépense d'électricité, qui se chiffre à la fin de l'année par des mille et des mille.

Il termine sa communication sur le contre-rail isolé en lisant un rapport de l'Est au Conseil d'administration de cette Compagnie, rapport qui constate que pendant la période des neiges et du verglas, le rail isolé s'est bien comporté et n'a donné lieu à aucun raté. — (sept. 84 à janvier 85).

Comme l'heure de la séance est avancée, M. de Baillehache ne fournit que quelques explications sommaires sur les applications multiples que peut recevoir le petit rail isolé et il montre un modèle en miniature de trois gares où l'on voit le train quittant une gare, fermant la voie au moment de son départ et l'ouvrant automatiquement

derrière lui, en même temps qu'il prévient la gare vers laquelle il se dirige, qu'il marche vers elle.

Ce petit modèle résume les principales applications où le contre-rail juxtaposé semble tout indiqué pour rectifier les erreurs des employés.

M. le Président. — C'est le cuir qui produit l'isolement.

M. de Baillehache. — Ici, je n'ai pas besoin d'isolement, la longrine seule suffit.

Les différentes applications qui peuvent être faites de l'emploi de ce contre-rail sont celles-ci :

1° Signalement des trains ou machines aux passages à niveau, bifurcations et gares ;

2° Éclairage des tunnels pendant le passage d'un train à la condition d'isoler plusieurs rails dans le tunnel et de les mettre en relation avec une machine Gramme et des lampes électriques, le train servant de commutateur pour la prise de courant ;

3° Possibilité de bloquer ou de débloquer simultanément diverses sections en cas d'accident, à la condition que le poste central soit relié à ces sections par un câble comprenant autant de fils de ligne qu'il y a de sections ;

4° Faculté de connaître à tous moments la position d'un train dans un même cantonnement en faisant enregistrer ce passage automatiquement par le train sur un appareil à échappement ou sur un Morse.

M. le Président. — Avec cette disposition-là, on peut suivre la marche de tous les trains.

M. de Baillehache. — Parfaitement. Un chef d'exploitation pourrait avoir dans son bureau un appareil et voir tous les trains circulant sur une ligne.

M. Forest. — On a essayé, ce n'est pas si simple que cela, parce qu'il y a des trains qui se suivent d'assez près pour se trouver ensemble dans une même section et fausser ainsi le sens des indications transmises.

M. de Baillehache. — S'il peut vous être agréable d'avoir la description de cette disposition, je puis vous la donner. J'avais proposé à M. Marin, à l'Exposition de 1878, où j'avais placé sur la ligne de Grenelle au Champ-de-Mars un système d'intercommunication permettant aux trains de communiquer entre eux et avec les gares, d'installer dans une division centrale, à Rouen par exemple, un tableau répétant la marche des trains se dirigeant sur le Havre et permettant de savoir à tous moments si une section était libre ou occupée ; mais ce n'était pas d'une grande utilité pratique et il n'y a pas été donné suite.

Il est absolument nécessaire de ne pas supprimer la main de l'homme. L'appareil que je présente peut s'adjoindre au block-system, mais il ne faut pas supprimer un *iota* de ce qui existe. Si l'homme se trompe, le contre-rail rectifiera l'erreur. Il faut conserver absolument l'action de l'homme, comme les Compagnies l'exigent.

M. LE PRÉSIDENT. — L'automaticité est employée pour l'alimentation des chaudières. Je dirai que l'automaticité, en toutes choses, est un danger. La véritable règle, vous venez de la donner, c'est qu'il faut laisser les hommes agir et placer les autres moyens à côté.

M. DE BAILLEHACHE. — Parfaitement; parce que l'homme peut se tromper, et il est absolument nécessaire qu'il puisse être contrôlé, à certains moments, et, dans l'hypothèse où un signal pourrait manquer, on multiplie les signaux. Dans ces conditions-là, il est impossible que trois ou quatre signaux viennent à manquer à la fois. Il arrive tous les jours que des appareils manœuvrés électriquement viennent à manquer: il y a huit jours, ce fait s'est produit sur la ligne de l'Ouest; l'appareil Regnault ne fonctionnait pas; si on n'avait pas eu le signal du contre-rail, on n'eût pas été prévenu que les trains passaient : avec le contre-rail on était prévenu du passage des trains, et on n'a pas arrêté le service.

Je crois que dans le système de cantonnements, il faudrait doubler l'homme par un signal automatique ; car, comme il manœuvre des appareils électriques, si l'électricité se trompe, elle se trompera aussi bien avec l'homme qui, par un excès de fatigue, peut être sujet à un oubli.

M. LE PRÉSIDENT. — Je remercie beaucoup M. de Baillehache de sa très intéressante communication.

M. FOREST. — Je demanderai à faire une observation, au sujet de ce contre-rail. J'admets l'isolement. Cependant, lorsque le sol est humide ou s'il y a du brouillard, la forme particulière de la bille qui supporte le contre-rail doit donner lieu à une certaine dérivation qui, quelquefois, pourrait être assez forte pour déclencher la sonnerie. D'autre part, il est établi entre le contre-rail isolé et le rail voisin, une relation de niveaux basée sur l'inclinaison des bandages; mais lorsque le rail ou le bandage arrive à un certain degré d'usure, le contre-rail fait une saillie qui peut en provoquer la rupture ou entraîner les conséquences d'un choc violent.

M. DE BAILLEHACHE. — Le contre-rail prendra le niveau du rail, au moment où le train arrive ; le train passe sur le rail, avant d'arriver sur le contre-rail ; le premier train, en passant, le mettra au niveau du rail.

M. FOREST. — Il faudrait pour cela une flexion dépassant 5 $^{m}/_{m}$, ce qui est énorme.

M. DE BAILLEHACHE. — J'ai mis du cuir sous le contre-rail, ce qui lui permet de plonger, puis il se relève et reprend le niveau du rail.

M. FOREST. — Il n'y aura abaissement dans le petit rail que lorsque le bandage le touchera pour le faire plonger.

M. DE BAILLEHACHE. — Oui, et il se relève ensuite. Les rails placés avenue de Clichy et sur le réseau d'Orléans fonctionnent très bien.

M. Forest. — Avec ces dispositions, la vitesse des trains est grandement à redouter.

M. de Baillehache. — Vous avez des trains qui vont au Havre et qui passent sur le rail installé près du pont d'Asnières, à une vitesse de soixante kilomètres à l'heure, il n'y a jamais eu de ratés.

M. Forest. — C'est bien avec le contre-rail rigide?

M. de Baillehache. — Avec un système analogue à celui qui est donné ici, et qui est disposé de façon à permettre le ballastage de la voie.

M. Coüard. — Il n'y a courant électrique que lorsqu'il y a contact au passage de la roue, c'est un inconvénient; s'il ne fonctionne pas, le garde ne sera pas averti que l'appareil est dérangé. il ne sera pas averti du passage des trains.

M. de Baillehache. — J'ai prévu ce cas-là, qui a été signalé dans le rapport. Je n'en ai pas parlé, parce qu'il est un peu tard; mais, dans le rapport de M. Cheysson, ce cas est signalé. Il y a un fil supplémentaire de contrôle, qui permet à l'aiguilleur de pouvoir toujours, de son poste, savoir si le train s'annoncera ou ne s'annoncera pas; c'est-à-dire que, en pressant sur le bouton placé dans son poste, si la sonnerie tinte, l'aiguilleur est sûr que le train s'annoncera, parce que le courant passe par le contre-rail pour venir actionner la sonnerie par le fil de retour; l'aiguilleur est certain que le train s'annoncera, et le contrôle est donné dans son poste même, sans qu'il soit obligé d'en sortir.

M. Coüard. — Seulement, il est obligé de se contrôler lui même; s'il ne se contrôle pas, il ne saura pas si l'appareil fonctionne.

Il y a deux systèmes de courants; le courant continu et le courant discontinu; quand le courant est continu, il s'annonce lui-même.

M. de Baillehache. — Il est facile de faire dans le contre-rail un courant continu, il n'y a qu'à ajouter une lame de ressort appuyant d'une manière permanente, et le courant continu aura lieu, mais le courant continu est d'une dépense d'entretien très élevée.

M. Coüard. — Seulement, ces mouvements détériorent le matériel.

M. de Baillehache. — J'ai peine à me l'expliquer. Cela n'est jamais aussi sérieux qu'un fil de contrôle. Tous les contacts en bout ne valent rien. Il faut que le contact soit nettoyé; si vous n'avez que des contacts de ce genre, ils s'oxyderont, et cela ne marchera plus, il faut des contacts par friction.

M. Forest. — Vous avez indiqué cette application à un block-system : il y aurait peut-être des inconvénients, si un train, par exemple, partant du poste A, l'ayant quitté, le laisse fermé derrière lui. Il arrive au poste B, il le ferme et ouvre en même temps derrière lui le poste A. Il n'est plus alors protégé qu'à une distance insuffisante.

M. de Baillehache. — Pardon, quand le train part du poste A, il ferme la voie, et je préviens le poste B que je me dirige vers lui; j'actionne

donc sa sonnerie, mais la voie reste fermée en A. J'arrive en gare ; à ce moment, je ferme la voie en B et ce n'est que lorsque que le train est sorti de la gare que je donnerai la voie libre au poste A. Prenons Batignolles et Courcelles, par exemple ; supposons que le train soit à Courcelles, on ne rend la voie libre à Batignolles que quand le train a quitté la gare de Courcelles. Vous ne devez rendre la voie libre que lorsque le train a quitté la gare, parce qu'il pourrait être tamponné ; à cinquante mètres de la gare, il ouvre la voie derrière lui seulement après l'avoir quittée.

M. Forest.— Si alors par exemple une avarie survient à sa machine, un train arrivant derrière lui pourra le tamponner.

M. de Baillehache.— Pas du tout, puisque ce n'est que quand vous êtes sorti de la gare de Courcelles que vous rendez libre la voie à Batignolles, et vous avez la voie de Courcelles complètement couverte. Vous voyez ici que, quand je suis sorti du poste B, ma voie reste couverte ; je continue, et ce n'est que lorsque j'ai dépassé ce point-ci que j'ouvre la voie.

M. Forest. — Oui, cela peut se faire, à la condition de mettre au moins un intervalle de 800 mètres.

M. le Président. — C'est certainement un nouvel engin de sécurité.

M. Forest. — C'est une variante ; d'autres moyens concourent au même but.

M. de Baillehache. — Le rail isolé est appliqué à l'Ouest et à la Compagnie d'Orléans ; j'en ai aussi à l'avenue de Clichy.

M. Coüard. — Le rail isolé fonctionne-t-il aussi bien que le contre-rail ?

M. Sévérac. — J'ai vu fonctionner ce système à la gare de Ceinture : il fonctionne admirablement.

M. de Baillehache —Depuis qu'il est installé à l'avenue de Clichy, on n'a jamais touché à la voie, c'est toujours dans le même état. On vérifie la pile tous les quatre ou cinq mois. Avenue de Clichy, j'ai un fil de contrôle, et on peut savoir si le rail fonctionne ou ne fonctionne pas. Il n'y a pas d'usure, sur les cuirs, je ne dis pas qu'ils ne s'useront pas ; mais, remarquez que le cuir mis à plat s'use moins. A l'Ouest, j'ai eu une perte, mais seulement après le passage de 25,000 trains, c'est déjà quelque chose.

M. Forest. — Est-ce que le déclenchement a lieu par l'électro ordinaire ou par l'électro Hughes ?

M. de Baillehache. — C'est un électro ordinaire. On peut mettre un relais. Dans l'hypothèse où on viendrait à installer le système de contre-rail sur la voie, je demanderais, pour couvrir toute espèce de responsabilité, de mettre trois longrines ou trois contacts montés sur une même longrine, à cause de la vitesse des trains ; alors vous êtes absolument certain que le contact aura lieu. Il ne peut pas y avoir de raté, avec le contre-rail.

Au Nord, quand le balai vient toucher une plaque, il se relève, il y a un ressaut qui empêche le contact, et on a dû allonger le crocodile à $2^m,50$.

M. Forest. — Au contraire, les premiers crocodiles étaient plus longs: ils sont de 2 mètres aujourd'hui.

M. de Baillehache, — Le balai a un ressaut.

M. Forest. — Et après le premier choc il ne retombe plus sur le crocodile, lorsqu'on marche à grande vitesse.

M. de Baillehache. — C'est pour cela que ce système ne vaut rien.

M. Forest. — Pourquoi ne vaut-il rien, puisque l'effet est produit et qu'il n'y a pas de raté?

M. de Baillehache. — M. Lartigue m'a dit que, sur 4,000 fonctionnements, il avait constaté deux ratés. C'est déjà quelque chose. Mais avec le système que je vous présente, vous ne pouvez pas en constater un seul.

M. Coüard. — L'eau et la neige doivent avoir une certaine influence sur le fonctionnement de l'appareil.

M. de Baillehache. — L'eau ni la neige ne font absolument rien.

Si vous voulez vous en convaincre, voici à ce sujet trois lignes bien probantes d'un rapport adressé en janvier 1886 au Conseil d'administration de la Compagnie de l'Est par le service technique : « Le rail isolé de M. de Baillehache en expérience près de la gare de Noisy-le-Sec depuis le 30 septembre dernier a donné de bons résultats pendant la période des neiges et des gelées que nous venons de traverser. »

Et je vous citerai, pour vous rassurer à ce sujet sur la possibilité d'isoler une voie, que le rail isolé placé à l'avenue de Clichy le 30 juin juin 1885 et le contre-rail posé le 30 janvier 1886 n'ont jamais cessé de fonctionner, quoiqu'il passe en moyenne plus de 50 trains par jour depuis cette époque. On n'a jamais dû toucher à la voie.

Aussi, devant ces résultats constatés officiellement, je crois devoir insister sur la nécessité de poser des contre-rails de distance en distance parce que je trouve qu'il est nécessaire que le garde sache que le train est à une certaine distance.

M. Forest. — Il compte sur la sonnerie, et si elle ne marche pas, il dit : le train n'est pas en vue.

M. de Baillehache. — La première des choses à faire est de presser sur le bouton de sonnerie pour s'assurer qu'elle fonctionne. Ce n'est pas le contre-rail qui serait défectueux; dans ces conditions-là, il est toujours facile de contrôler son fonctionnement par la sonnerie sans que l'agent ait à quitter son poste.

MÉMOIRE

SUR LE

PONT DÉMONTABLE ET PORTATIF

EN ACIER

Système BROCHOCKI

L'utilité des ponts démontables et d'un transport facile n'est plus à démontrer ; elle s'est toujours fait sentir dans l'art de faire la guerre, et s'impose d'autant plus aujourd'hui que tout le matériel militaire a subi un perfectionnement considérable. Le parcours rapide des distances, en chemin de fer, étant entré dans les combinaisons stratégiques de tous les états-majors, la possibilité d'établir et de rétablir les communications d'une façon prompte et facile est devenue une nécessité de la plus haute importance.

Dans le domaine du génie civil l'utilité de ces ponts, quoique moins absolue, présente cependant non moins d'intérêt.

Le développement des colonies, activement poursuivi de nos jours, oblige l'établissement de voies de communication en rapport avec les exigences de l'industrie et du commerce appelés à s'y établir ; ces voies de communication, peu coûteuses au début, demandent des ponts d'un montage et d'un transport faciles, car les moyens dont on dispose sur place pour l'exécution de travaux sont toujours limités et souvent insuffisants.

En effet, dans le début des exploitations coloniales on trouve rare-

ment sur place des ouvriers spéciaux, nécessaires au montage de ponts, et ceux que l'on envoie à grands frais de la métropole sont souvent immobilisés par les conditions climatériques. Il est donc de la plus haute importance que les ponts destinés aux colonies soient réduits à la plus grande simplicité dans leur composition et dans leur montage, ce qu'on ne pourra atteindre que par l'emploi des ponts portatifs et démontables.

Une autre application importante des ponts démontables et portatifs se trouve encore dans les diverses entreprises de travaux publics, qui exigent des communications provisoires et par suite l'établissement de ponts, passerelles, échafaudages, hangars, etc., destinés à être déplacés à mesure de l'avancement des travaux.

Construits en bois comme cela a lieu habituellement, ces ouvrages ont l'inconvénient d'exiger beaucoup de temps à leur établissement, et de plus, les matériaux encombrants de démolition resservent difficilement à d'autres constructions; on est donc obligé, la plupart du temps, de s'en défaire à vil prix.

Cet inconvénient disparaît complètement avec l'emploi de charpentes démontables combinées de manière à ce que le même matériel puisse servir à l'établissement de ponts de portées variables, à l'établissement des échafaudages, hangars, etc., et qu'il puisse, à la fin des travaux, rester à la disposition de l'entrepreneur qui pourra s'en servir en toute autre circonstance.

L'expérience, que j'ai acquise dans ma carrière militaire et civile, m'a clairement démontré que pour qu'un pont portatif soit réellement pratique, il faut que le nombre de pièces types entrant dans sa construction soit le plus restreint possible; ces pièces doivent être uniformes et pareilles entre elles dans chaque type ; elles doivent être rectilignes pour la facilité de l'emballage et du transport, et légères, pour le maniement; enfin, elles doivent présenter la plus grande simplicité dans leur assemblage, en évitant autant que possible l'emploi de boulons.

Car à la guerre, on est souvent obligé de monter des ponts sous le feu de l'ennemi, ou bien de profiter de l'obscurité de la nuit. Une faute commise dans l'emplacement erroné d'une pièce, lorsqu'il y a un nombre trop grand de types, quelques boulons omis, ou insuffisamment serrés, peuvent amener des désastres irréparables.

L'emploi de boulons présente encore cet inconvénient que, pendant le démontage et le transport, les filets des pas de vis sont souvent détériorés, ce qui peut rendre le fonctionnement de l'écrou impraticable.

On pourrait objecter que les boulons avariés peuvent être remplacés par des boulons de réserve; mais si un pont, au cours de la marche d'une armée, est monté et démonté plusieurs fois, la réserve de boulons peut manquer à un moment donné ; et d'un autre côté, il est inutile de charger un équipage de pont d'une réserve trop forte.

Pénétré de toutes ces difficultés à vaincre, j'ai cherché depuis longtemps la combinaison d'un pont auquel, dès le début, j'ai imposé les conditions suivantes :

1° Toutes les pièces isolées composant la charpente doivent être rectilignes, ne dépassant pas pour les ponts militaires 4 mètres de longueur, ni le poids de 125 à 140 kilogrammes ; leur emballage dans les caissons de voitures, ou à dos de mulets, sera alors facile, de même que leur maniement à bras d'homme.

2° L'assemblage des pièces entre elles sera fait au moyen d'articulations en supprimant complètement l'emploi de boulons.

3° Le nombre de types des pièces principales, composant la charpente du pont, sera réduit au minimum, soit aux trois types suivants ;

a. *La poutrelle*, toujours uniforme, destinée à composer les deux poutres de rives de la travée, et dans le type militaire servant aussi de longeron supportant le platelage ;

b. *L'entretoise* ou traverse qui supporte les longerons, et relie entre elles les deux poutres de rives ;

c. *Les barres de contreventement.*

Ces trois types de pièces étant bien distincts les uns des autres, toute erreur ou embarras dans le choix de leur emplacement se trouve écarté.

Le premier système de pont que j'ai composé, selon ces données, fut un pont en arc, formé par l'entrecroisement des entretoises avec les poutres, en polygones successifs, et dont le modèle figurait à l'Exposition de Paris en 1878.

Ce système présentait cependant des inconvénients dont j'étais le premier à reconnaître l'importance; aussi ai-je cherché à le

modifier, et je crois que celui que je propose maintenant répond aux conditions que je me suis imposées.

J'ai remplacé l'arc par la poutre droite tubulaire, formée de deux poutres de rives, reliées entre elles, en haut et en bas, par des entretoises ou traverses. Chaque poutre de rive est composée de triangles équilatéraux dont les côtés sont constitués par les poutrelles.

Ces poutrelles sont toutes semblables et exécutées, soit en tubes creux, soit en barres métalliques en forme de cornières, en simple ou double T, ou en U. Elles sont munies à leurs extrémités de têtes à œils, dont l'ouverture correspond au diamètre des chevilles qui garnissent les deux extrémités de chaque traverse.

Ces dernières, faites aussi en barres d'acier, comme les poutrelles, reçoivent, sur les chevilles rivées dans le sens de leur longueur, les œils de poutrelles qui y sont fixés au moyen des rondelles serrées par des clavettes.

Toutes les traverses sont contreventées entre elles par des croix de Saint-André formées de barres à crochet et articulées au centre sur une pièce munie d'une vis de rappel permettant le serrage.

Ainsi assemblée, la charpente affecte la forme tubulaire à section rectangulaire permettant, selon les circonstances, d'établir la voie, soit sur les traverses inférieures, soit sur les traverses supérieures, et l'on a alors un passage dans l'intérieur du tube ou au-dessus.

On complète le pont par la pose des longerons, formés, comme nous l'avons dit plus haut, par des poutrelles semblables aux poutrelles des poutres de rives ; et par la pose du platelage en bois.

Les longerons sont fixés sur les traverses au moyen du même système de chevilles et clavettes décrit précédemment, et le platelage est fixé sur les longerons, comme dans les constructions de ponts ordinaires.

Chaque clavette est attachée à une chaînette auprès de chaque cheville, afin qu'on ne puisse pas la perdre.

Il est à remarquer que la charpente, ainsi construite, est composée d'une série de prismes triangulaires, posés sur une de leurs facettes rectangulaires, et dont les sommets sont réunis entre eux par des poutrelles formant les cordes supérieures de la charpente.

Nous appellerons chacun de ces prismes, entrant dans la construction, *un élément du pont.*

Comme nous avons adopté un type uniforme pour toutes les poutrelles qui entrent dans la composition des poutres de rives d'un pont, il est évident qu'il a fallu donner à toutes ces pièces le même pouvoir de résistance à l'effort maximum, auquel une d'elles sera exposée dans le système.

Cet effort maximum s'exerce toujours sur le milieu des cordes de chaque poutre de rives ; donc, sur les poutrelles qui se trouvent placées dans leur partie centrale, dont la supérieure travaille en compression, et l'inférieure en tension.

Il est incontestable que l'on pourrait économiser du métal en faisant les poutrelles de poids variables selon le besoin du travail que chacune d'elles doit fournir dans le système ; mais l'avantage de l'économie qu'on réaliserait ainsi ne serait que peu considérable, et il se trouve largement compensé par l'avantage que l'on acquiert dans le montage en employant des pièces constamment uniformes.

Les calculs de ces ponts sont fort simples. Les principaux efforts intérieurs qu'il s'agit de déterminer sont les suivants :

1° Efforts de compression et de tension des barres obliques des poutres de rives ; celles dont les pièces symétriques, par rapport à l'axe vertical passant par le milieu de la poutre, se rencontrent entre elles au-dessus de la ligne horizontale du pont, sont soumises à la compression ; et celles qui se rencontrent au-dessous de cette horizontale travaillent à la traction.

2° Efforts de tension et de compression des pièces horizontales des poutres. Les pièces situées dans la corde supérieure travaillent à la compression, et celles dans la corde inférieure à la tension.

3° Effort de cisaillement sur les chevilles des traverses exercé par les têtes des œils des poutrelles.

4° Et enfin, effort de flexion des traverses et des longerons.

Les efforts maximum des poutres de rives s'exercent, aux extrémités du pont, sur les appuis pour les pièces obliques ; et au milieu du pont, entre les appuis, sur les poutrelles horizontales.

Les efforts extérieurs qui agissent sur le pont sont :

La charge uniformément répartie, le poids mort du pont, et les réactions des appuis.

Soit :

P. Le poids mort de la moitié du pont augmenté de la moitié de

la surcharge totale et uniformément répartie, c'est-à-dire la charge totale supportée par chaque poutre de rives ;

L. La longueur totale du pont ;

N. Le nombre d'éléments (prismatiques) dont le pont est composé ;

H La hauteur de la poutre de rives ;

Q. La réaction des appuis ;

F. L'effort maximum de compression des poutrelles obliques extrêmes du pont ;

α. L'angle d'inclinaison sur la verticale des poutrelles obliques;

R. L'effort maximum de compression ou de tension des poutrelles horizontales au milieu du pont,

On aura :

$Q = \frac{P}{2}$, réaction des appuis.

$F = \frac{Q}{\text{Cos. } \alpha}$, effort maximum de compression des poutrelles obliques extrêmes de la poutre.

$R = \frac{N \times P}{4} \times \text{tang } \alpha$, effort maximum de compression ou de tension de la poutrelle horizontale au milieu de la poutre.

Ce dernier effort étant le plus considérable, tout le calcul d'une poutre de rive peut se borner à l'exacte détermination de cet effort.

On peut encore l'obtenir, en prenant la somme de moments des efforts de la réaction $\frac{P}{2}$ et de l'effort R, de la poutrelle :

$$Q \times \frac{L}{2} - \frac{L}{4} = R \times H$$

ou $$Q \times \frac{L}{4} = R \times H$$

et en substituant pour Q sa valeur ci-dessus de $\frac{P}{2}$

$$\frac{P}{2} \times \frac{L}{4} = R \times H$$

d'où $$R = \frac{P \times L}{8 H}.$$

Les pièces qui travaillent à la compression peuvent subir une

déformation sous l'effort maximum, si le rapport nécessaire n'est pas observé entre la section et la longueur de la poutrelle.

Il faut remarquer que, dans le plan vertical longitudinal de la figure, les poutrelles composant la poutre de rives peuvent tourner librement sur leurs tourillons, et doivent être considérées comme libres aux extrémités ; au contraire, dans le plan horizontal et normal au plan de la figure, les poutrelles peuvent être considérées comme encastrées. Aussi, dans le premier cas, l'effort de rupture est donné par la formule :

$$P = \pi^2 \frac{E\,I}{L^2}$$

et dans le second cas

$$P = 4\,\pi^2 \frac{E\,I}{L^2}$$

E étant le coefficient d'élasticité du métal ;
I le moment d'inertie de la section droite de la poutrelle ;
L la longueur de la poutrelle ;
$\pi = 3.1415$.

Il résulte de ces formules, qu'il est du plus grand intérêt à ce que I soit le plus grand possible, surtout dans le sens de la déformation des pièces par les efforts de compression. C'est donc la section en double T ou en U qui réalise le mieux la solution.

La forme de pièce la plus propice et présentant le plus de résistance pourra être donnée par un assemblage de deux barres en U, mises dos à dos, à la distance de la demi-hauteur de la barre, et réunies par des semelles, en tôle plate, rivées aux ailes respectives de chaque barre.

La pièce ainsi assemblée formera un tube à section rectangulaire. (Pl. 130, *section des poutrelles et des traverses.*)

Quant aux calculs des traverses et des longerons, ces pièces travaillent à la flexion et dans des conditions communes à tous les ponts ; il s'agit simplement de considérer l'effort extérieur maximum auquel elles sont soumises.

L'effort de cisaillement que supportent les chevilles mérite une mention spéciale.

Il est à remarquer que cet effort résulte de l'action agissant horizontalement et en sens contraires, produite soit par la tension

des poutrelles de la corde inférieure, soit par la compression des poutrelles de la corde supérieure de la poutre ; et en outre, par deux autres efforts engendrés par les poutrelles obliques. dont l'une est tendue et l'autre comprimée.

Ces efforts, en s'opposant les uns aux autres, maintiennent la cheville en parfait équilibre, tout en s'efforçant à la cisailler ; et comme le maximum de ces efforts est produit par l'action des poutrelles centrales placées horizontalement dans la poutre de rives ; il est évident que l'effort maximum de cisaillement se produira aussi sur les chevilles qui forment les nœuds de l'élément central du pont. Il en résulte donc que l'effort maximum trouvé pour les poutrelles (valeur R) peut être pris en toute sécurité pour l'effort maximum de cisaillement des chevilles.

Ceci posé, il nous reste à examiner quelle sera la longueur maxima que l'on pourra donner à une travée de pont.

Nous avons dit plus haut que, pour rendre faciles le transport et le maniement des pièces, il faut que leurs dimensions ainsi que leurs poids restent dans des limites pratiques.

Cela étant observé, il est évident que la portée maxima d'une travée de pont, destinée à résister à une surcharge imposée, sera forcément aussi limitée.

En donnant à la poutrelle une longueur de 4 mètres d'axe en axe, et un poids total de 120 kilogrammes ; à l'entretoise ou traverse, 3 mètres disponibles pour la voie, et un poids de 140 kilogrammes.

Supposant en outre une surcharge uniformément répartie sur toute la longueur du pont, à raison de 675 kilogrammes par mètre courant ; et en admettant finalement 12 kilos environ pour le coefficient du travail de l'acier par millimètre carré de section : la portée maxima de la travée d'un pont pourra atteindre une longueur de 40 mètres.

En effet, ce pont, composé de dix éléments prismatiques et muni d'un platelage en bois pèsera avec sa surcharge :

Pour la partie métallique.	14.814 k.	soit par mèt. cour[t].	370k.3
Pour le platelage	5.600	—	140k.0
Pour la surcharge . . .	27.000	—	675k.0
Charge totale. .	47.414 k.	—	1.185k.3

Dans ces conditions, l'effort maximum exercé sur le milieu des cordes sera :

$$R = \frac{47\ 414}{2} \times \frac{40}{8 \times 3.468} = 34,180 \text{ kilog.}$$

La section de la poutrelle étant de 2 950 m/m., l'acier travaillera à $11^{k}.6$ par millimètre carré.

Si au lieu de dix éléments on construisait, avec le même matériel, un pont de neuf éléments, tel qu'il est figuré sur le dessin (Pl. 130), la longueur du pont serait réduite à 36 mètres ; mais pour la même surcharge de 675 kilog. par mètre courant, l'acier ne sera plus exposé qu'à un travail de $9^{k},4$ par m/m^{2}.

Pour les ponts militaires, prenant en considération les imprévus de toute nature qui peuvent se présenter en campagne, il nous paraît de toute prudence de n'assujettir l'acier qu'à un travail de $9^{k},5$ par m/m^{2}; et dans ces conditions, de ne prendre pour maximum de la portée qu'une longueur de 36 mètres.

Le tableau suivant donne le nombre d'éléments, de pièces, et leurs poids respectifs pour les différentes portées de ponts dont la largeur utilisable est de 3 mètres.

DÉNOMINATION DES PIÈCES	NOMBRE ET POIDS DES PIÈCES		
	Pour une travée de 40m00 en 10 éléments	Pour une travée de 36m en 9 éléments	Par élément de 4m
Poutrelles	98 × 120 = 11.760	86 × 120 = 10.560	10 × 120 = 1.200
Traverses inférieures	11 × 140 = 1.540	10 × 140 = 1.400	1 × 140 = 140
Traverses supérieures	10 × 90 = 900	9 × 90 = 810	1 × 90 = 90
Contreventement	19 × 29 = 551	17 × 29 = 493	2 × 29 = 58
Clavettes et rondelles	42 × 1,5 = 63	38 × 1,5 = 57	4 × 1,5 = 6
Total pour la partie métallique	14.814	13.320	1.494
Platelage en bois.			
Longrines	20 × 40 = 800	18 × 40 = 720	2 × 40 = 80
Madriers	120 × 40 = 4.800	108 × 40 = 4.320	12 × 40 = 480
Poids total	20.414	18.360	2.054

Il est évident qu'en diminuant la portée de la travée d'un pont construit toujours avec le même matériel, et exposé au même coefficient de travail, la résistance du pont augmente et cela dans les proportions indiquées par le tableau suivant.

TABLEAU donnant les poids, les surcharges et les efforts maximum pour les différentes longueurs du pont, la largeur de la voie étant de trois mètres.

LONGUEUR du PONT	POIDS du pont avec platelage		SURCHARGE uniformément répartie		RÉACTION des appuis valeur de Q	EFFORT maximum sur les obliques extrêmes valeur de F	EFFORT maximum sur le milieu des cordes valeur de R
	total	par mètre cour.	total	par mèt. cour.			
m.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
40.00	20.414	510	18.428	461	9.710	11.212	28.025
36.00	18.360	510	24.800	690	10.790	12.460	28.025
32.00	16.306	510	32.244	1.007	12.137	14.015	28.025
28.00	14.252	509	41.326	1.473	13.872	16.018	28.025
24.00	12.198	508	52.538	2.189	16.184	18.688	28.025
20.00	10.144	507	67.539	3.377	19.421	22.426	28.025
16.00	8.090	506	89.015	5.563	24.276	28.032	28.025
12.00	6.036	503	91.068	7.589	24.276	28.032	28.025
8.00	3.982	498	93.122	11.640	24.276	28.032	28.025

Quant aux pièces travaillant dans ce système à la flexion, telles que les longerons et les traverses du tablier, il est fort aisé, pour le cas où la surcharge augmente, de les renforcer par la superposition ou la juxtaposition des pièces semblables, les unes à côté des autres, le système se prêtant admirablement à cette combinaison.

Si, au contraire, au lieu de maintenir le poids uniforme du métal par mètre linéaire de ponts dont les portées diminuent progressivement, ce qui permet d'augmenter progressivement le poids de la surcharge ; on maintenait invariablement le poids de la surcharge, toujours uniforme par mètre linéaire de toutes ces portées diminuantes, il est évident que le poids du métal par mètre linéaire du pont pourra être aussi progressivement diminué. Ainsi, par exemple :

LONGUEUR DE LA PORTÉE DU PONT	SURCHARGE PAR MÈTRE COURANT	POIDS DU MÉTAL PAR MÈTRE COURANT	POIDS DU PLATELAGE PAR MÈTRE COURANT	POIDS TOTAL PAR MÈTRE COURANT	POIDS TOTAL DU PONT
36m	675k	370k	140k	510k	18.360k
32		315		455	14.550
28		250		390	10.136
24		200		340	7.680

Il n'est guère, cependant, possible de profiter de cette progression descendante en poids du métal employé, au delà du dernier chiffre de 200 kilogrammes par mètre linéaire du pont, car les efforts de compression feraient fléchir infailliblement les pièces devenues trop minces par rapport à leurs longueurs.

MONTAGE ET LANÇAGE DU PONT. — Le montage du pont s'effectue le plus commodément sur le terre-plein d'une des rives de l'espace à franchir , et dans la direction perpendiculaire à cet espace.

On commence toujours par la pose du tablier en disposant les traverses parallèlement entre elles, à la distance l'une de l'autre, telle qu'elles doivent occuper dans le système.

On relie ensuite leurs chevilles par les œils des poutrelles, ce qui forme une série de cadres contigus rectangulaires, dont le nombre est celui des éléments prismatiques constituant le pont et auxquels ces cadres serviront de bases.

On contrevente ces cadres en croix de Saint-André, et l'on pose dessus les longerons en les fixant à leurs places.

Ensuite on procède à l'élévation des deux poutres de rives qui sont également reliées entre elles à la partie supérieure par des traverses à chevilles.

Pour faciliter ce montage, on se sert de deux chevalets en échelle se dépliant en compas, placés à l'intérieur et au milieu du premier cadre du tablier, de manière que leurs sommets puissent soutenir la traverse supérieure à tels endroit et hauteur qu'elle doit occuper dans le systeme.

On relie alors, de chaque côté, par des poutrelles posées obliquement, les chevilles de cette traverse, avec les chevilles de deux traverses du cadre du tablier, de manière à former, par cet assemblage, un prisme triangulaire reposant sur une de ses facettes rectangulaires.

Ainsi se trouvera formé le premier élément du pont.

On dégage les deux chevalets, qui sont placés ensuite dans le second cadre du tablier, pour opérer de la même manière la formation du second et des autres éléments consécutifs du pont jusqu'au dernier.

Au fur et à mesure que ce travail progresse, on relie les sommets de chaque élément monté avec ceux de l'élément qui les précède, en unissant de chaque côté les chevilles des traverses supérieures par des poutrelles horizontales.

Les cadres ainsi formés à la partie supérieure de la charpente sont ensuite contreventés en croix de Saint-André, et les œils des poutrelles sont assujettis par des rondelles et des clavettes.

Lancement. — La mise en place du pont s'opère par voie de lancement, soit sur des rouleaux, soit sur des galets placés sous les cordes inférieures des poutres de rives.

Pour que les poutrelles composant ces cordes ne fléchissent pas sous le poids, au moment critique du passage, elles sont soutenues provisoirement, dans les parties les plus exposées de la charpente, par des jambes de force en bois, buttant contre les sommets respectifs des triangles qui les surmontent.

En outre, le pont est muni d'un arrière-bec, fait soit du même matériel, soit d'un matériel similaire en bois, et que l'on charge suffisamment pour maintenir l'équilibre constant de la charpente pendant son lancement,

On peut encore, dans le même but, installer une chèvre avec son attirail sur la rive opposée pour soutenir l'avant du pont pendant le lancement.

Platelage et amarrage. — La mise en place du pont opérée, on procède à la pose du platelage et à l'amarrage solide des extrémités du pont.

Le platelage en bois s'opère de la manière habituellement en usage, et l'amarrage au moyen de cordes ou de tringles métalli-

ques avec vis de serrage, partant des sommets des triangles extrêmes de la charpente et aboutissant au sol des culées sous une inclinaison convenable.

De cette manière le pont devient rigide en tous sens, et la flèche qu'il pourra prendre, sous le maximum de la charge, sera d'une importance absolument insignifiante.

DÉMONTAGE. — Pour démonter le pont on procède de la même manière que pour le montage, mais en renversant l'ordre des opérations successives: c'est-à-dire, que l'on ramène d'abord le pont sur une des berges, et qu'ensuite on le démonte en commençant par la partie supérieure et en finissant par le tablier.

FACILITÉ DE TRANSPORT. — Le matériel de ce système de pont. grâce à sa forme toujours rectiligne et aux dimensions et poids des pièces facilement maniables (car la plus grande ne dépasse pas 4^m00 de longueur et la plus lourde, 140 kilos de poids), est facile à transporter dans toutes les circonstances, soit par wagons de chemin de fer, ou voitures du train des pontonniers, soit encore à dos de mulets.

Une voiture de pontonniers attelée de quatre chevaux, chargeant en campagne un poids de 2,500 kilogr., peut facilement prendre le matériel complet composant un élément du pont; soit une longueur de 4 mètres de travée.

Le matériel complet d'un pont de 36 mètres de portée, composé de neuf éléments, peut être chargé sur deux wagons de chemin de fer portant chacun 10,000 kilos.

AUTRES APPLICATIONS DE LA CHARPENTE DE CE SYSTÈME. — En campagne, ainsi que dans les établissements coloniaux, on peut souvent avoir besoin d'improviser rapidement un abri provisoire, une ambulance, un magasin ou une baraque de campement.

Il est facile de se rendre compte combien notre système de charpente se prête à ces combinaisons.

La même carcasse de pont telle que nous la voyons sur le dessin (Pl. 130), posée sur le terre-plein et recouverte de bâches, de planches, ou de toute autre couverture propice, formera un abri spacieux, aéré et solide.

Les piliers intermédiaires des ponts à plusieurs travées peuvent aussi se construire très facilement avec le même matériel.

Nous voyons en effet que, de même que la charpente du pont a été constituée par une série d'éléments reliés les uns aux autres dans le sens horizontal, une deuxième série des mêmes éléments, greffée au-dessus de la première, dans le sens vertical, et au besoin une troisième série placée au-dessus de la seconde, peuvent constituer une charpente d'une hauteur suffisante pour former un pilier de pont.

Ce pilier, coulé par sa base sur le fond de la rivière, ou bien supporté par un ponton flottant solidement amarré, pourra facilement servir d'appui à deux travées de pont.

PONT TYPE ROUTE

De même que les ponts militaires, on construit par le même système les ponts routiers et les ponts de chemins de fer provisoires.

Entre le pont route et le pont militaire la différence n'existe que dans les dimensions et poids des pièces constitutives; leur forme, le nombre de leurs types et le mode d'assemblage, restent absolument les mêmes.

Le pont route demandant plus de largeur, plus de hauteur et plus de résistance que le pont militaire, les pièces employées dans sa construction ont des dimensions respectivement plus grandes.

Ainsi la poutrelle reçoit une longueur de $4^m,50$, sur une section de 3,816 $^m/_{m^2}$, ce qui lui donne ùn poids de 170 kilos.

La hauteur de la poutre de rives sera dans ce cas de $3^m,90$, et la largeur de la voie de $3^m,40$.

Dans ces conditions la travée du pont étant portée à 36 mètres de longueur, et le coefficient du travail de l'acier à 9 kilos 5 par $^m/_{m2}$ de section, le pont pourra supporter une surcharge de 40,000 kilos uniformément répartie, soit 327 kilos par mètre superficiel, ou 1,112 kilos par mètre courant du pont, non compris son poids mort, indiqué en détail par le tableau suivant :

DÉNOMINATION DES PIÈCES	NOMBRE de PIÈCES	POIDS par PIÈCE	POIDS PARTIELS
		kil.	kil.
Poutrelles dans les cordes supérieures, inférieures et longerons	54	170	9.180
Poutrelles obliques	32	140	4.480
Traverses inférieures	9	270	2.430
Traverses supérieures	8	167	1.336
Barres de contreventement	15	30	450
Clavettes et rondelles	35	2	68
Poids total de la partie métallique		17.944	kilog.
Garde-corps		482	»
Platelage en bois		4.450	»
Poids total du pont		22.876	»

Il est évident que pour la même surcharge, l'augmentation du métal par mètre courant du pont, permettra d'augmenter la longueur de sa travée ; de même, que la diminution de la longueur de la travée amènera naturellement la diminution du poids du métal par mètre courant du pont.

Le montage et la mise en place de ce pont se font exactement de la même manière que dans le cas précédent du type militaire.

Quant à la largeur de la voie et la nature du platelage, elles peuvent varier suivant le besoin.

PONT TYPE POUR CHEMIN DE FER

Quant aux ponts de ce système, destinés au rétablissement des communications provisoires, interrompues par l'ennemi pendant la guerre, ou par des accidents quelconques, leur montage, exécuté toujours par un nombre suffisant d'ouvriers spéciaux, ainsi que

par un personnel compétent pour la surveillance et la direction du travail, s'effectuera dans des conditions plus favorables que celui des types précédents.

Nous pouvons donc admettre que, pour ce genre de ponts, la raison de réduire au minimum le nombre des types des pièces constitutives n'est plus aussi impérieuse que dans les cas précédents; tandis que l'économie du métal employé demande ici à être sauvegardée à cause des surcharges supérieures que ces ponts doivent supporter.

Nous n'avons donc pas hésité à porter à neuf le nombre des types de pièces pour les ponts de chemins de fer; tout en maintenant l'uniformité des types dans chaque élément du pont.

L'assemblage des pièces reste toujours à articulation ; mais les poutres de rives ne sont plus composées de triangles équilatéraux , comme dans les ponts précédents, mais de triangles isocèles, les pièces qui forment leurs bases étant plus courtes que les pièces obliques.

Du sommet de chaque triangle et dans le plan des deux poutres de rives s'applique encore une barre verticale qui aboutit à la ligne du tablier, et qui porte elle-même à cet endroit une entretoise ou traverse.

Le nombre d'entretoises étant ainsi doublé dans chaque élément, la longueur des pièces composant la corde inférieure, ainsi que la longueur des longerons, sera réduite de moitié, ce qui rendra ces pièces moins sujettes à la flexion sous le poids considérable de la surcharge.

La portée maxima d'une travée de ce type de pont peut être pratiquement établie à 75 mètres de longueur ; en voulant cependant, maintenir les poids partiels de pièces dans les limites telles que leur maniement soit aisé et facile, nous donnons ici pour exemple un pont seulement de 45 mètres de portée, composé de 12 éléments prismatiques d'une hauteur de $5^m,10$ et ayant une largeur de 4 mètres (Pl. 130).

Ce pont est calculé pour résister à une surcharge de 180,000 kilogrammes, soit 4,000 kilos par mètre courant, sans compter son propre poids qui est de 125,000 kilogrammes, ainsi qu'il est indiqué par le tableau suivant :

DÉNOMINATION des PIÈCES	NOMBRE des PIÈCES	POIDS par PIÈCE	POIDS PARTIELS	EFFORT maximum à la compression ou à la tension et résistance à la flexion	COEFFICIENT du travail de l'acier par millim. carré
	pièc.	kil.	kil.		kil.
Poutrelles dans les cordes supérieures	22	854	18.788	168.000	9.90
Poutrelles dans les cordes inférieures	96	153 25	14.712		9.90
Poutrelles obliques	48	486	23.328	81.000	10.05
Barres verticales	24	444	10.656	76.231	9.50
Traverses inférieures	25	1.299	32.477	17.800	9.90
Traverses supérieures	12	504	6.048	6.750	2.00
Longerons	24	231	5.544	2.300	5.55
Contreventement inférieur	48	31	1.488	6.750	4.00
Contreventement supérieur	11	106	1.166	6.750	10.00
Total pour la partie métallique	310	»	114.000	»	»
Garde-corps			555	»	»
Traverses, longrines et madriers en bois			6.845	»	»
Rails et accessoires de la voie			3.600	»	»
Poids total du pont			125.000	»	»

Voilà l'exposé aussi abrégé que possible de ce système de ponts que j'ai cru devoir soumettre à la compétence incontestée de notre Société.

On peut dire que l'époque actuelle est propice à l'emploi de ponts portatifs, dont plusieurs systèmes vous ont déjà été communiqués; leur utilité en général est incontestable; mais pour qu'un pont

démontable puisse pratiquement faire le service d'un pont fixe, il faut que l'exécution de toutes ses parties constitutives soit très soignée, et que le métal employé soit de parfaite qualité.

En confiant la construction de mon système de pont à la Société Commentry-Fourchambault pour la France, et à la Société John Cockerill, pour la Belgique, nous avons tout lieu de croire que les pièces fabriquées dans les ateliers de ces maisons de premier ordre, seront établies dans les meilleures conditions possibles.

NOTE

SUR

L'ACIER A RAILS

ET SUR

LA DURÉE DES RAILS D'ACIER

Par M. CAILLÉ

Il y a déjà plus de sept ans qu'un chimiste américain, M. Dudley (1) a publié le résultat d'une étude sur la valeur comparative des rails fabriqués en acier doux ou dur, et a conclu que l'acier doux ou relativement doux résistait mieux à toutes les causes de destruction que l'acier dur.

Tel avait été, également, le résultat des recherches faites en Angleterre, en 1875 et 1876, par M. Smith et par M. Price-William (2).

M. Gruner, enfin, est venu ajouter à la valeur de ces conclusions, en leur donnant son assentiment (3). M. Gruner les a trouvées exactes, en ce qui concerne les aciers communs, mais il a émis cette opinion que les aciers durs reprendraient leur supériorité, s'ils étaient purs, c'est-à-dire, composés presque uniquement de fer et de carbone.

(1) *Américan Institute of mining Engineers* août 1878 et février 1881.
(2) *Proceding of civil Engineers* — t. XLII p. 60 et t. XLVI p. 147.
(3) *Annales des mines* 4e livraison 1881.

Quelques années après, en 1883, l'un des Ingénieurs de la Compagnie de Lyon fit connaître les résultats obtenus sur ce réseau, depuis l'origine jusqu'en 1880 (1). De la comparaison faite entre des rails de nature et de provenances diverses, l'auteur a conclu que, contrairement aux assertions de M. Dudley et des Ingénieurs anglais précités, l'acier dur s'était mieux comporté à tous égards que l'acier doux et devait, en conséquence lui être préféré.

Depuis ce moment, si l'on en juge par le texte actuel des cahiers des charges des six grands réseaux, le débat est resté suspendu.

En raison de l'intérêt qui s'attache à la solution de cette question, la Société nous permettra, peut-être, de lui soumettre les résultats d'une expérience faite sur le réseau d'Orléans et de lui décrire l'état dans lequel ont été trouvés certains rails après vingt ans de service.

Nous dirons, d'abord, quelques mots des conditions de l'emploi des rails d'acier.

Ces rails peuvent être partagés en deux catégories : d'un côté, les rails dont l'usure est activée par le glissement des roues; de l'autre, tous les rails qui ne sont affectés, en apparence au moins, que par le roulement.

On peut admettre que la majorité des rails appartient à la seconde catégorie. A trafic égal, ces derniers rails s'usent incomparablement moins vite que ceux du premier groupe. La durée des uns et des autres étant essentiellement variable, suivant leur nature et suivant l'état et la situation des voies, on ne sait rien de précis à ce sujet, au moins, sur l'ensemble. Une appréciation de la durée des rails de la seconde catégorie mérite, toutefois, d'être rapportée. Elle est fondée sur la remarque suivante : lorsque des rails soumis au roulement seul et à un trafic modéré sont parvenus à un certain degré d'usure, ces rails, ou au moins, certains d'entre eux, s'usent désormais avec une telle lenteur, qu'il devient difficile de mesurer la réduction annuelle de leur hauteur, avec les meilleurs instruments.

De là, cette opinion que les rails placés dans des conditions favorables pourront durer cent ans et même deux cents ans (2).

(1) *Revue générale des chemins de fer* (août 1880, mai 1883, mars 1884), par M. Coüard.

(2) *Revue générale des chemins de fer* (Mémoire de M. Coüard, mars 1884, p. 124).

Nous noterons, également, quelques remarques faites sur les rails de la première catégorie. Elles ont trait à la forme de la surface de roulement des rails, aux inconvénients du retournement des rails symétriques, aux limites dans lesquelles se renferme l'usure des deux types de rails vignoles et symétriques.

La forme bombée, donnée jadis à la surface de roulement des rails en fer, est maintenant presque généralement abandonnée (1). Elle a en effet l'inconvénient, pour les rails d'acier, d'accélérer leur usure et celle des bandages.

En outre, et dans le cas du retournement sens dessus dessous des rails symétriques elle double la perte de durée due à la rapidité relative d'usure de la partie étroite de chacun des deux champignons.

Si les rails sont réversibles, c'est-à dire si on leur a donné, tout d'abord, la forme qu'ils affectent, à peu près définitivement, après un roulement prolongé, la perte de durée que nous venons de mentionner disparaît, il est vrai, mais le retournement engendre un autre défaut commun, du reste, aux rails plats et aux rails bombés : il soumet au roulement un champignon déjà usé et entaillé par les coussinets. Dans ce cas, le roulement est cahotant, dur et bruyant, et se fait sentir ainsi pendant un temps plus ou moins long, mais qui peut se prolonger pendant deux ou trois ans, sur les rails bombés et plus encore sur des rails plats.

Comme le retournement des rails ne peut se faire, d'ailleurs, sans dommage pour la solidité et la régularité des voies, cette opération ne saurait se justifier que dans quelques cas indiqués ci-après, et qui sont ceux de la déformation prématurée des rails.

On a observé, en effet, que les rails symétriques de forme bombée sont, dans le cas de l'acier de faible dureté, plus sujets à s'élargir, par bavures sur les bords des champignons que les rails relativement plats, que les bavures, dans ce cas, peuvent atteindre un tel développement qu'elles nécessitent, eu égard au rétrécissement de la voie, ou son remaniement total, ou la mise hors d'emploi des rails qui en sont affectés.

On a constaté, également, que pour certaines formes du rail symétrique, le champignon se gonfle, s'élargit sous la charge,

(1) Le bombement des rails ne pouvant être entièrement supprimé, il lui est donné généralement un millimètre de relief ou de flèche au maximum.

lorsque le métal s'y prète et que cet élargissement joint à celui qui est occasionné par les bavures, vient encore réduire la durée des rails.

Or, le nombre des rails ainsi détériorés peut être assez grand pour nécessiter le retournement de la totalité,

Ces accidents peuvent être évités, comme on le sait maintenant, en donnant aux champignons du rail symétrique la forme de celui du rail Vignole. Ce dernier type est, en effet, celui dont l'usure peut être poussée le plus loin, sans danger et sans déformation (1).

Quelque parti qu'on ait pu tirer de ces observations, on remarquera qu'elles ne font connaître que certains modes d'altération du champignon des rails réalisés dans un temps très court, et ne donnent aucun éclaircissement sur d'autres causes de détérioration auquelles les rails peuvent être assujettis. On comprend du reste, que ces causes et leurs effets se soient dissimulés d'autant mieux, jusqu'à ce jour, que l'usage courant des rails d'acier est plus récent (1868) et que les rails de l'origine posés, de préférence, sur les parties de voies les plus fatiguées, ont été aussi le plus vite usés.

De ces rails de l'origine, quelques-uns, toutefois, ont échappé à la destruction et parmi eux des rails posés il y a vingt ans, et issus des premières tentatives faites en France pour y installer le Bessemer (1863-1864). Ce sont ceux dont nous allons donner la description.

L'objet principal de cette note étant de vérifier quelle est la nature physique et chimique des bons et des mauvais rails, nous croyons devoir reproduire, préalablement, quelques extraits du mémoire de M. Gruner relatif aux conclusions de M. Dudley (2).

RECHERCHES DE M. DUDLEY. — Sur la demande de la Société des chemins de Pensylvanie, M. Dudley a recherché quelles étaient les causes de la destruction prématurée de certains rails. En comparant de bons rails avec des rails cassés ou écrasés (3), M. Dudley

(1) L'usure des rails symétriques n'est portée qu'à 10 ou 11 millim. Celle du rail Vignole peut être poussée au delà de 12 millim. et plus loin encore si son champignon a été surélevé.

(2) *Annales des mines* (4e livraison 1881).

(3) *American Institute of mining Engineers*, août 1878.

a trouvé que les bons rails renfermaient de moindres proportions de carbone et d'éléments étrangers et donnaient à la traction la moindre résistance et les plus forts allongements.

	CARBONE	MANGANÈSE	PHOSPHORE	SILICIUM	TOTAL		ESSAIS DE TRACTION	
					ÉLÉMENTS ÉTRANGERS	GÉNÉRAL	RÉSISTANCE	ALLONGEMENT
Bons rails . .	0,287	0,369	0,077	0,044	0,490	0,777	48k	21 0/0
Mauvais rails.	0,366	0,521	0,132	0,047	0,700	1,766	52,5	— 20 0/0

Il a constaté, en outre, que ces rails moins carburés, plus doux, étaient aussi les moins usés.

Sollicité de poursuivre cette étude et de rechercher quelle était la qualité d'acier la plus propre à la fabrication des rails, M. Dudley a comparé, dans un second travail (1), des rails peu usés, avec des rails très usés, de même âge, et placés dans des conditions de fatigue diverses.

Afin de parer aux erreurs possibles dans la détermination de la quotité d'usure de ces rails, l'éminent chimiste a recherché cette usure en reconstituant le profil primitif des rails, d'après celui des rails usés ; en calculant l'aire de chacun de ces profils et en déterminant la densité du métal de chacun des rails usés. De la densité et du volume des rails usés et des rails neufs correspondants, M. Dudley a déduit les poids et conséquemment l'usure par mètre courant de rails.

M. Dudley a pu vérifier ainsi ce qu'il avait précédemment constaté, à savoir, que les rails très usés étaient comme l'indique le tableau ci-après, ceux dont le métal présentait la plus forte résistance avec

	CARBONE	MANGANÈSE	PHOSPHORE	SILICIUM	ÉLÉMENTS ÉTRANGERS	TOTAUX	ESSAIS DE TRACTION	
							RÉSISTANCE	ALLONGEMENT
Rails peu usés	0,333	0,491	0,076	0,060	0,627	0,961	52,6	17.1
— très usés	0,390	0,647	0,105	0,046	0,797	1,191	56,3	14.2

(1) *American Institute of civil Engineers*, février 1881.

le moindre allongement et dont la teneur en carbone et en éléments étrangers était la plus forte.

Il a donc conclu à la supériorité des aciers relativement purs et doux sur les aciers plus carburés et durs.

M. Dudley a été plus loin, il a donné la formule du meilleur acier pour rails, formule que nous reproduisons ci-dessous :

Carbone	de	0,250	à	0,350
Manganèse		0,300		0,400
Phosphore.		0,100	au plus	
Silicium.		0,040	—	

et a conseillé de l'ajouter dans le cahier des charges aux épreuves mécaniques en stipulant à l'égard de ces épreuves que les rails doivent être assez doux pour rompre par traction sous la charge de 50 kilogr. par $^m/_m$ carré et donner un allongement de 16 à 20 0/0.

M. Dudley a fourni, enfin, l'explication suivante de l'usure moindre des rails doux : selon lui, la surface des rails n'est pas lisse, elle présente des rugosités infiniment petites, lesquelles s'engrènent ou se rencontrent avec celles de la surface des roues et aident,par cela même, au mouvement des véhicules. Or ces rugosités s'aplatissent, si l'acier est doux, et, elles se brisent d'autant plus facilement que l'acier est plus dur.

Nous traduisons ici la pensée de M. Dudley dans des termes bien concis et bien peu fidèles, mais nous sommes forcé de nous borner et de prier le lecteur de consulter les mémoires de MM. Dudley, Gruner ou celui de M. Snélus (1).

Pour le même motif, nous mentionnerons brièvement les réserves faites par M. Gruner sur certains points du travail de M. Dudley.

Tout en applaudissant aux recherches de M. Dudley , tout en approuvant ses conclusions, M. Gruner s'est élevé contre l'établissement d'une formule en dehors de laquelle les rails seraient réputés mauvais. Il a rappelé que les mêmes propriétés physiques, la même résistance et la même dureté peuvent se retrouver dans des rails de composition différente. Il a ajouté qu'une formule chimique unique est d'autant moins logique, que le mode de fabrication, le travail mécanique auquel le métal est soumis, et même le profil, ont une notable influence sur les qualités bonnes ou mauvaises des rails.

(1) Mémoires de la Société, fer et acier, 1882.

Quant à l'explication donnée par M. Dudley de la moindre usure des rails doux, explication fondée sur l'existence des rugosités à la surface des rails, M. Gruner, s'est borné à observer que s'il était vrai que ces rugosités fussent d'autant plus fragiles que l'acier est plus dur, les aciers durs, en général, même les plus carburés, se trouveraient frappés de la même réprobation que les aciers inférieurs, et qu'il serait plus exact de dire que les rugosités de la surface des rails se brisent d'autant plus facilement que l'acier est plus impur. Se fondant sur les recherches faites par M. Adamson (1), sur l'oxydation plus ou moins prompte des diverses sortes d'acier ou de fer plongées dans un acide, M. Gruner en a déduit que l'acier le moins pur est aussi le moins résistant à l'oxydation, que dès lors, l'existence des rugosités n'est pas la cause unique, ni même la cause principale du phénomène constaté par M. Dudley, qu'il en existe une autre plus énergique, la rouille.

L'effet de la rouille se fait sentir d'autant plus que l'humidité est plus grande, comme dans les tunnels, que le métal est plus fréquemment décapé par le passage des trains, et, que ledit métal renferme plus d'éléments étrangers, et surtout plus de manganèse.

Expérience faite sur le réseau d'Orléans. — Nous bornons là cette citation et nous passons à la description des rails expérimentés sur le réseau d'Orléans.

Ces rails sont au nombre de 675 dont 355 tirés de l'usine d'Imphy et 320 de Saint-Chamond, les produits de ces deux usines ont été placés en septembre 1864, à peu près au milieu de la rampe d'Étampes. Ils sont tous en pente de 8 $^{m}/^{m}$ et séparés par un intervalle de 605^{m}. Les rails d'Imphy sont par moitié en alignement et en courbe de 1,500 de rayon. Les rails de Saint-Chamond sont en courbe de 1500 sur 670^{m}. Le reste est en alignement. Le ballast est en sable terreux partiellement remplacé en 1880. Le sous-sol est pénétrable.

Les rails sont du type à double champignon de 5^{m},50 de longueur : hauteur 0^{m},1324. Poids 38 kilogr. le mètre courant.

Les champignons sont bombés et leurs bords ou boudins amincis par des portés d'éclisses à pente forte. Leur pose, primitivement

(1) *Journal of the iron and steel Institute*, 1878.

faite sur six traverses, avec joints en porte-à-faux, a été modifiée en 1879 par l'adjonction d'une septième traverse.

Sauf quatre rails de Saint-Chamond fendus aux extrémités et retirés des voies, tous les autres continuent leur service (1) et supportent, depuis 1864, un trafic journalier moyen de trente trains et de huit à neuf machines isolées.

Afin de vérifier le plus commodément possible l'état des dits rails, deux d'entre eux, choisis parmi les plus usés, ont été retirés des voies en octobre 1884, coupés en tronçons de 0m,10 de longueur tant au milieu qu'aux extrémités et vérifiés à loisir. On constata ainsi que les deux rails, outre l'usure, étaient affectés de défauts d'une nature spéciale, défauts qu'un nouvel examen fit reconnaître sur l'ensemble des rails, mais à des degrés différents. Deux autres rails furent alors choisis parmi les moins dégradés retirés des voies en juin 1885, puis préparés et vérifiés comme ci-dessus.

Les profils de tous les tronçons de rails ont été relevés et comparés au profil type. Les principales dimensions des rails ont été vérifiées en tous points de leur longueur (2). Enfin, le métal de ces rails a été soumis à l'analyse et à des épreuves de trempe et de traction.

Nous joignons à cette note, outre les tronçons de rails, les profils de ces mêmes tronçons (Pl. 131) et dans les tableaux ci-après d'une part, l'état d'usure et de corrosion des deux premiers rails, d'autre part, les résultats de leur analyse et de leurs essais.

(1) Depuis l'achèvement de cette note tous les rails de Saint-Chamond ont été retirés des voies à l'âge de vingt-un ans, et usés de 8 millim, pour cause d'altération des bords intérieurs des champignons.

(2) Nous croyons devoir indiquer ici le mode de vérification de l'usure des rails usité au chemin de fer d'Orléans. Les relevés d'usure sont faits à l'aide d'un appareil en forme de chappe embrassant le rail. Cet appareil est muni latéralement de vis micrométriques destinées au centrage du rail. Il est surmonté d'un Palmer solidaire d'une règle, laquelle lui sert d'écrou et repose librement sur deux appuis. La stabilité de cette règle, obtenue en faisant fonctionner le Palmer, est l'indice du contact de ce dernier et du rail. Elle donne en même temps la certitude que ce contact a été obtenu sans pression et conséquemment sans usure. Cet appareil, sensible aux centièmes de millim., a servi à vérifier l'usure des deux rails d'Imphy et Saint-Chamond.

Rails très usés âgés de vingt ans.

	RÉDUCTION MOYENNE DE LA HAUTEUR DES RAILS	USURE AU CONTACT DES ÉCLISSES PÉNÉTRATION DES CHAMPIGNONS		EFFETS DE LA ROUILLE RÉDUCTION MOYENNE DE LA LARGEUR DES CHAMPIGNONS		ÉLARGISSEMENT DU CHAMPIGNON SUPÉRIEUR PAR AFFAISSEMENT ET PAR BAVURE
		SUPÉRIEUR	INFÉRIEUR	SUPÉRIEUR	INFÉRIEUR	
Imphy	0,00665	0,0012	0,0036	0,000	0,0038	0,0037
St-Chamond. .	0,00691	0,000	0,0005	0,000	0,0014	0,0082 (1)

Réduction de hauteur des deux rails.

	MAXIMUM	MOYENNE	MINIMUM
Imphy.	0,0072	00665	0,00533
Saint-Chamond.	0,0079	0,00691	0,00584

Analyse des deux rails (2).

	CARBONE	MANGANESE	PHOSPHORE	SILICIUM	SOUFRE	TOTAL	
						ÉLÉMENTS ÉTRANGERS	GÉNÉRAL
Imphy. . . .	0,600	0,450	0,050	0,070	0,080	0,550	1,250
St-Chamond .	0,700	0,070	0,050	0,100	0,090	0,310	1,010

(1) Les rails de Saint-Chamond n'ont été maintenus en service qu'à la faveur du remplacement général des coussinets, lequel a permis de rétablir l'écartement normal des rails.

(2) Cette analyse a été faite avec beaucoup de soin, au laboratoire de la Société des Aciéries de France à l'usine d'Aubin.

Essais de trempe et de traction.

	TRACTION (BARRETTES DE 0,016 SUR 0,200)			ESSAIS DE TREMPE
	LIMITE D'ÉLASTICITÉ	RÉSISTANCE PAR MILLIMÈTRE CARRÉ	ALLONGEMENT POUR CENT	
Imphy. . . .	37k,5	70k,12	15,1	Trempe dure à la lime.
St-Chamond .	32k,6	64k,24	14,0	Trempe faible au rouge clair.

État des rails les plus usés. — L'état d'usure et de détérioration de ce premier couple de rails présentant un développement remarquable, nous croyons devoir en donner la description détaillée. (Pl. 131.)

Effets de l'usure proprement dite. — La réduction de hauteur des deux rails, par le fait du roulement, est, à peu près la même.

Les parties les moins usées sont aux extrémités. A partir de là, l'usure va en croissant et atteint son maximum, pour Imphy, au delà de la moitié du rail et pour Saint-Chamond, en deçà. Ces deux maximum ne diffèrent que de 1/2 m/m à l'avantage du rail d'Imphy.

Pour ce dernier l'usure des extrémités diffère de 1 m/m 7 de l'usure maximum. Pour Saint-Chamond, cette différence est de 1 m/m 5.

Aux deux extrémités de chacun d'eux, l'usure est presque identique. Elle est plus faible de 0,00065 à l'entrée du rail d'Imphy qu'à celle du rail de Saint-Chamond.

Enfin, la moyenne des trente mesurages de chacun des deux rails donne pour Imphy, une usure de 0,00665 et pour Saint-Chamond 0,00691.

Usure au contact des éclisses. — La différence d'usure au contact des éclisses, est toute en faveur du rail de Saint-Chamond. C'est à peine si ce rail a été pénétré de un millimètre à la base des éclisses, tandis que celui d'Imphy l'a été profondément. L'entaille est, au minimum, de 2 m/m 8 de profondeur, et, au maximum, de 3 m/m 5. Elle est de 1 m/m 5 à la partie supérieure de l'éclisse.

Effet de la rouille. — L'effet de la rouille est en quelque sorte, inapparent sur le périmètre des champignons supérieurs des deux rails. Il ne s'accuse, sur le champignon inférieur du rail de Saint-Chamond, que par une réduction de largeur de 1/2 m/m, à part toutefois, une altération singulière, sorte de chanfrein longitudinal du boudin de ce champignon, à l'intérieur de la voie. Quant au champignon inférieur du rail d'Imphy, la rouille y a occasionné une perte de matière considérable. Ce champignon est étiolé, amaigri, sur tout le pourtour supérieur des boudins, y compris les congés de raccord, avec l'âme du rail. La largeur de ce champignon est réduite à 0,056 au lieu de 0,060. L'âme des deux rails est restée intacte, à part les congés de raccord du rail d'Imphy.

Profil longitudinal résultant de l'usure. — La vérification du profil longitudinal résultant de l'usure proprement dite étant fort difficile, nous nous sommes borné, comme nous l'avons dit, à relever les hauteurs des deux rails en différents points de leur longueur, mais, comme le résultat de cette manière de procéder dépend de l'état des champignons inférieurs, nous avons dû examiner de près, soit à la règle, soit au gabarit, l'état de la surface inférieure desdits champignons.

Pour faire la part des erreurs possibles, nous dirons seulement, qu'il nous a paru que cette surface sur les deux rails avait été fort peu altérée par la rouille, et ne l'était pas plus aux extrémités, qu'au milieu.

Cela étant, ou cela paraissant être, trente relevés ont été faits sur chacun des deux rails et ont donné les résultats précédemment décrits. Comme on l'a vu, le maximum d'usure se trouve dans le voisinage du milieu des rails, et non à leur extrémité, ce qui prouve que le choc que reçoivent les rails au passage des joints, choc dont les effets ont été si désastreux pour les rails en fer, et le sont, encore, pour la stabilité du matériel des voies, que ce choc, disons-nous, n'entraîne pour les rails d'acier, aucun excédent d'usure au point où il se produit (1).

Déformation des champignons. — Quoique le défaut de déformation du champignon des rails n'affecte que certains types de rails,

(1) Nous noterons, toutefois, que les plus forts élargissements du champignon supérieur du rail de Saint-Chamond sont à 0m,50 de l'entrée du rail.

ou, ne les affecte tous qu'au delà des limites fixées pour leur usure, nous noterons néanmoins les observations faites à ce sujet.

Le champignon du rail d'Imphy ne présente aucune apparence d'élargissement. Comme il se pourrait, cependant que ledit champignon se fût, à la fois élargi sous la charge et rétréci par la rouille, il peut être bon d'observer que si la rouille était intervenue, ses effets se seraient fait sentir sur les congés de raccord de l'âme du rail avec ce champignon comme ils se sont produits sur ceux de l'âme et du champignon inférieur. Or, lesdits congés sont intacts, on peut donc en conclure que le champignon supérieur ne s'est pas élargi.

Celui du rail de Saint-Chamond, au contraire, s'est comporté comme de la pâte. Il s'est gonflé de 1 millimètre, de toutes parts d'une façon régulière.

L'élargissement du champignon, de ce chef, a donc été de 2 millimètres. Outre le gonflement, ledit champignon a subi un déplacement du métal à sa surface. Il en est résulté des bavures solides et saillantes et ces bavures, insignifiantes sur le rail d'Imphy, ont accru la largeur du rail de Saint-Chamond et l'ont portée, en y comprenant l'effet du gonflement, à $0^m,068$ au lieu de $0^m,060$.

En résumé, nous venons de constater la malléabilité du rail de Saint-Chamond et la dureté du rail d'Imphy.

Nous constatons également que la détérioration des deux rails, par le fait de l'usure proprement dite, est à très peu près la même ; que leur altération par la rouille et par le frottement des éclisses est de beaucoup plus forte pour le rail d'Imphy que pour celui de Saint-Chamond.

Il est à peine nécessaire, maintenant, de faire remarquer que l'égalité d'usure des deux rails n'est qu'apparente, et de montrer qu'en réalité le rail de Saint-Chamond s'est moins usé que le rail d'Imphy.

Nous avons vu, en effet, que le champignon supérieur de ce dernier rail avait conservé sa forme, tandis que celui du rail de Saint-Chamond s'était renflé, élargi, et avait perdu par ce fait une partie de sa hauteur. Si, malgré cette défaillance, la hauteur moyenne de ce rail est à peine inférieure à celle du rail d'Imphy et s'il est prouvé, comme nous l'avons vu précédemment, que ce dernier ne s'est ni élargi à son sommet, ni oxydé sensi-

blement au-dessous de son champignon inférieur, on peut en inférer que le rail de Saint-Chamond s'est moins usé que le rail d'Imphy.

On objectera peut-être que le mesurage du champignon supérieur du rail de Saint-Chamond peut se rapporter à un rail dont la largeur primitive excédait la largeur normale. Cette largeur, en effet, varie au laminage, mais comme elle varie dans des conditions à peu près égales pour les deux champignons, et comme le champignon inférieur a ses dimensions normales, on ne saurait douter que le champignon supérieur du rail de Saint-Chamond ne se soit réellement élargi par l'affaissement du métal.

Nous restons donc en présence de ce fait, que le rail doux de Saint-Chamond s'est moins usé que le rail dur d'Imphy. Or, nous venons de constater l'état des champignons inférieurs des deux rails. Nous avons vu que, tandis que celui du rail doux ne s'était que faiblement altéré, celui du rail dur avait perdu une notable partie de sa substance ; nous avons vu aussi que ledit champignon du rail doux ne s'était que peu usé au contact des éclisses, tandis que celui du rail dur l'avait été profondément. Il n'y a donc pas de doute que la rouille qui a corrodé ce champignon a facilité sa pénétration par les éclisses et a contribué à égaliser l'usure des champignons supérieurs des deux rails.

Ainsi l'acier doux ne s'est altéré, pour ainsi dire, que par l'usure ; l'acier dur, de son côté, s'est détérioré à la fois par l'usure et par l'oxydation. Il s'en faut de peu que les résultats de la présente vérification ne confirment l'exactitude des conclusions de M. Dudley.

Seule, la composition du rail de Saint-Chamond fait obstacle à cette démonstration. L'acier de ce rail est malléable, il est vrai, mais il est dur, plutôt que doux.

Il en est autrement du rail d'Imphy. Aucun doute ne peut être élevé sur sa dureté et sur la nature des détériorations qu'il a subies. Mais, pourquoi ce rail a-t-il été aussi profondément dégradé par la rouille ? Ce n'est pas, sans doute, par suite d'un accident de fabrication, puisque ce rail a duré vingt ans et pouvait durer davantage. Ce n'est pas, non plus, sous l'influence du phosphore dont il ne renferme que des traces. Serait-ce parce qu'il contient trop de manganèse (0,450) ? Mais alors, on s'expliquerait

difficilement que les rails reconnus bons par M. Dudley, dans son second mémoire, en renferment une proportion plus forte (0,491). Si le manganèse ne peut être pris à partie, on se trouve alors porté à accuser le carbone, dont la teneur élevée, unie avec celle du manganèse, a déterminé la dureté du métal et son oxydabilité. C'est là, peut-être, ce qui a conduit M. Dudley à émettre son ingénieuse théorie des rugosités, et c'est là, peut-être aussi, ce qui explique la réserve dans laquelle M. Gruner s'est tenu à ce sujet.

État des rails les moins usés. — Nous avons, maintenant, à décrire l'état de deux autres rails retirés des voies postérieurement aux deux premiers (juin 1885) et choisis cette fois parmi les moins usés.

Nous joignons, comme précédemment, les profils de ces rails superposés au profil type et nous donnons, ci-après, les résultats de leur mesurage, de leur analyse et de leurs essais. (Pl. 131.)

Rails âgés de vingt ans et neuf mois peu usés.

	Réduction moyenne de la hauteur des rails	Usure au contact des éclisses pénétration des champignons		Effets de la rouille réduction moyenne de la largeur des champignons		Élargissement du champignon supérieur parafaissement et par bavure
		Supérieur	Inférieur	Supérieur	Inférieur	
N° 2 Imphy . .	0,00488	0,0003	0,0010	0,0C0	0,0017	0,000
— St-Chamond	0,00662	0,000	0,0005	0,000	0,0015	0,000

Réduction de hauteur des deux rails.

	Maximum	Moyenne	Minimum	Observations
Imphy (peu usé).	0,0056	0,00488	0.0037	
St-Chamond . .	0,0068	0,00662	0,0064	Ce rail ayant été faussé les hauteurs n'ont été relevées que sur une moitié

Analyse des deux rails.

	CARBONE	MANGANÈSE	PHOSPHORE	SILICIUM	SOUFRE	TOTAL	
						ÉLÉMENTS ÉTRANGER	GÉNÉRAL
N° 2. Imphy. . .	0,700	0,740	0,096	0,120	0,040	0,996	1,696
— St-Chamond	»	»	»	»	»	»	»

Essais de trempe et de traction.

	TRACTION			ESSAIS DE TREMPE
	LIMITE D'ÉLASTICITÉ	RÉSISTANCE PAR MILLIM. CARRÉ	ALLONGEMENTS	
N° 2. Imphy. . .	47k	93	10,5	Inattaquable à la lime
— St-Chamond.	»	»	»	

EFFETS DE L'USURE PROPREMENT DITE. — Comme on le voit, les dégradations du second rail de Saint-Chamond sont identiques à celles du premier rail, même réduction de hauteur, même élargissement du champignon supérieur. A raison de cette similitude, l'analyse et l'essai à la traction de ce rail n'ont pas été faits.

Le second rail d'Imphy se présente dans des conditions toutes différentes. L'usure de ce rail s'est fort peu développée, soit sous l'action du roulement, soit par l'effet du frottement des éclisses. L'une et l'autre de ces usures se trouvent réduites de 27 0/0 et de 70 0/0 comparativement à celles du premier échantillon.

EFFETS DE LA ROUILLE. — D'autre part, l'altération du champignon inférieur, altération si remarquable sur le premier rail, s'est réduite de moitié sur le second, et s'égalise presque avec celle du champignon inférieur du rail de Saint-Chamond.

Il y a donc concordance entre le ralentissement de l'oxydation du champignon inférieur et celui de l'usure du champignon supérieur et des portées de l'éclissage, ce qui démontre de rechef

l'influence de la rouille sur le développement de l'usure des rails. Quant à la cause de cette atténuation des effets de la rouille sur ce second rail, atténuation constatée, du reste, sur l'ensemble des rails d'Imphy, elle résulte, sans doute, de la composition du métal de ce rail, de sa richesse en carbone et en manganèse, et conséquemment de ses qualités propres et de sa dureté.

PROGRESSION DE L'USURE. — Dans le tableau ci-joint, nous donnons, pour le rail de Saint-Chamond et pour les deux rails d'Imphy, les réductions de hauteur de ces rails relevées, d'abord à la cinquième année, puis à la vingtième.

Les moyennes d'usure annuelle sont naturellement plus fortes pour les cinq premières années que pour les quinze suivantes, puisqu'il s'agit de rails très bombés. Pour cette dernière période, les moyennes obtenues représentent, à peu de chose près, la progression actuelle de l'usure.

Marche de l'usure des trois rails.

	USURE de 1864 à 1869.		USURE de 1870 à 1884.		DURÉE PROBABLE
	TOTALE	ANNUELLE	TOTALE	ANNUELLE	
Saint-Chamond. . .	2m/m,5	0m/m,5	4m/m,41	0m/m.315	30 ans.
Imphy { très usé .	2m/m,0	0m/m,4	4m/m,65	0m/m,332	30 —
Imphy { peu usé .	1m/m,6	0m/m,34	3m/m,08	0m/m,232	43 —

On peut, dès lors, se baser sur cette progression pour évaluer la durée probable de ces trois rails ou de leurs similaires, en admettant toutefois qu'elle restera ce qu'elle est et que les rails ne pourront s'user de plus de 1 centimètre.

Nous ne saurions omettre de noter à ce propos que l'usure du premier rail d'Imphy a marché moitié plus vite que celle du second, et déterminé pour ce dernier une durée moitié plus longue. Cette différence donne pour les rails de la première catégorie, et pour ceux-là seulement, la mesure de l'accélération imprimée par

la rouille à la table du roulement des rails. Du fait de la rouille, la dépréciation qui frappe les rails demi-durs de la première catégorie est ainsi de 33 0/0.

Malgré notre désir d'abréger cette communication, nous croyons devoir placer ici quelques observations relatives aux mémoires de MM. Dudley et Gruner, aux recherches faites sur le réseau de Lyon et aux rails dont nous avons donné la description.

La constatation des effets de la rouille, dans l'expérience d'Etampes, donne lieu à une remarque sur le procédé employé par M. Dudley pour vérifier l'usure des rails. L'attention du savant américain ne paraissant pas s'être portée sur l'oxydation des rails, il ne peut être question, dans le compte rendu de ses recherches, que de l'usure produite par le roulement. Or, comme cette usure a été déterminée en pesant des tronçons de rails, M. Dudley a forcément et indûment ajouté à la perte de métal due au roulement celle qui résulte de l'oxydation de la partie inférieure des rails.

Il suffit de substituer l'expression, perte de métal, à celle d'usure, pour opérer la rectification.

Nous avons rappelé, d'autre part, que M. Gruner, en prévision de l'inoxydabilité des aciers uniquement carburés et durs, s'était gardé de ratifier la condamnation prononcée par M. Dudley contre tous les aciers durs. Tout en faisant cette réserve, M. Gruner a paru exclure tout autre mode de fabrication des aciers fortement carburés que le mode connu sous le nom d'acier au creuset. Or, sans contester cette assertion, nous ferons remarquer qu'en dehors des aciers tout à fait supérieurs, il en existe d'autres, d'un usage courant, et dont la qualité paraît suffisante pour les rails. S'il nous est permis d'apprécier la qualité des aciers, d'après leur résistance, nous citerons d'abord, comme type et comme exemple, les rails d'Imphy dont nous venons d'indiquer l'état.

Ces rails fabriqués au Bessemer, caractérisés, pour l'un d'eux, par une résistance à la traction de 93 kilogr., se sont, dans leur ensemble, convenablement comportés, à tous égards. Nous rapprocherons de ce type, certains rails du réseau de Lyon dont l'analyse a été donnée par M. Gruner. Ces rails renferment de 6 à 7 millièmes de carbone et leur résistance varie entre 70 et 85 kilogr. Nous citerons également les rails de la Compagnie du Midi dont

la résistance, toujours d'après M. Gruner, a atteint 115 kilogr. Nous rappellerons enfin que les produits du Bessemer donnent en ce moment, et sans difficulté, des résistances supérieures à 80 kilogr. Il n'y a donc pas de doute que les usines françaises ne soient, actuellement, en état de livrer des rails de qualité à très peu près égale à celle des meilleurs rails d'Imphy.

Ce que nous venons de dire des rails du réseau de Lyon, nous semble expliquer, en partie au moins, comment les recherches faites sur ce réseau ont conduit à des conclusions contraires à celles de M. Dudley.

Il résulte, d'abord, du compte rendu de ces recherches, que les rails expérimentés n'ont pas été choisis, les uns parmi les rails durs, les autres parmi les rails notoirement doux, ils ont été pris au hasard dans les fournitures des diverses usines, et placés dans des conditions d'âge et de fatigue semblables.

Nous noterons, en outre, que ces rails étaient peu âgés (maximum 12 ans), que leur vérification n'a porté que sur l'usure proprement dite, et que leur nature n'a été spécifiée que par les moyennes d'essai obtenues dans chaque usine. Nous observerons, enfin, que le contrôle de la fabrication est assez sérieux pour que l'on puisse être assuré que la généralité des rails livrés au réseau de Lyon, est en acier dur.

La comparaison ne s'est donc pas faite, sur ce réseau, entre des aciers durs et des aciers doux, elle s'est faite seulement entre des aciers durs, et ce qui nous semble le prouver, c'est que les plus durs d'entre eux se sont montrés supérieurs, tant au point de vue de l'usure, que des écrasements ou des ruptures. Or, les rails doux, que nous sachions, ne sont pas plus fragiles que les rails durs.

Nous n'avons pas besoin d'ajouter qu'à part l'observation relative aux conclusions de M. Dudley, le compte rendu des recherches faites sur le réseau de Lyon est fort instructif. Le mémoire de M. Coüard renferme, en effet, des renseignements précis sur les conditions de l'emploi et de l'usure des rails d'acier. Il donne en outre le pressentiment et, en quelque sorte, la démonstration d'un fait qui peut paraître naturel, mais dont il importait de constater la réalité, celui de la corrélation qui existe entre la durée des rails et la qualité de l'acier dont ils sont composés.

Nous avons maintenant à rechercher l'explication de certaines particularités que présentent les rails dont nous avons donné la description.

On peut se demander pourquoi la rouille, dont l'action a été si prononcée sur les parties latérales du champignon inférieur de l'un des rails d'Imphy, est restée, en quelque sorte, sans action, et sur le dessous de ce même champignon et sur les flancs du champignon supérieur, et aussi, quelle est la raison de la corrosion locale constatée sur les rails de Saint-Chamond.

A l'égard des flancs du champignon supérieur du rail d'Imphy, on nous pardonnera de reproduire encore un passage du mémoire de M. Gruner.

Selon M. Gruner : « Les parties latérales des rails se couvrent » d'une couche de rouille qui, bientôt est assez épaisse pour for- » mer une sorte d'enduit protecteur, mais la table est sans cesse » décapée par le passage des trains et rendue, par là, d'autant » plus oxydable. La rouille ou le peroxyde n'a pas le temps de » se développer, mais le protoxyde ou le sous-oxyde se forme » d'autant plus vite que l'acier est mieux décapé. »

Nous n'ajouterons qu'un mot à cette explication.

Les rails à double champignon ont, comme on le sait, leur champignon inférieur entouré de ballast, ainsi que la face extérieure du rail. Les deux files de rails opposent ainsi un obstacle à l'écoulement superficiel et même à la pénétration de l'eau, l'une du côté de l'entrevoie, l'autre du côté intérieur à la voie. De là sans doute, la corrosion du champignon inférieur du premier rail d'Imphy, et l'altération singulière constatée d'un seul côté, du côté de l'entrevoie, sur le rebord du champignon inférieur du rail de Saint-Chamond.

Quant à l'indemnité relative dont a bénéficié le dessous du champignon inférieur dudit rail d'Imphy, nous pensons qu'elle est due à ce que les rails, en s'infléchissant verticalement et en se redressant laissent leur empreinte dans le sable terreux, s'en isolent par leur surface inférieure, laquelle se trouve ainsi à l'abri de l'humidité persistante et de l'oxydation.

Nous n'avons rien dit de l'usure qui s'est produite au contact des rails et des coussinets, par ce motif que, dans la rampe d'Étampes, le développement de cette usure s'est trouvé ralenti, et

par le glissement des rails et par la substitution d'un nouveau coussinet. Cette usure a varié de $0^{m}/^{m}8$ à 1.9 pour Imphy, et de $0^{m}/^{m}3$ à 1.7 pour Saint-Chamond. Elle varie, comme on le sait, pour un même rail; elle varie également, suivant la nature des rails, l'état des voies et du ballast et suivant le plus ou moins de mobilité des rails dans le sens longitudinal.

Résumé. — Il nous reste à résumer les observations faites sur les rails de la rampe d'Étampes et à en déduire les conséquences.

Deux groupes de rails issus des usines d'Imphy et de Saint-Chamond ont été posés, il y a vingt ans, dans les mêmes conditions de trafic et dans des conditions de tracé à peu près semblables.

Les rails de Saint-Chamond se sont tous comportés de la même façon. Ils se sont presque également usés, oxydés et déformés.

Les rails d'Imphy, de leur côté, ne se sont pas déformés; ils se sont moins usés et ne se sont guère plus oxydés que les rails de Saint-Chamond, mais l'un d'entre eux, si l'on peut s'en tenir à celui-là, s'est usé et détérioré d'une façon anormale.

Nous avons déjà donné la composition de ces trois sortes de rails, nous la reproduisons ci-après :

	Carbone	Manganèse	Phiophore	Silicium	Totaux	Traction	
						Résistance par millimètre carré	Allongement pour cent.
Saint-Chamond . . .	0,700	0,070	0,500	0,100	0,920	64k,2	14
Imphy — Rail peu usé.	0,700	0,070	0,096	0,120	1,659	93k,0	10,5
Imphy — Rail très usé.	0,600	4,450	0,050	0,070	1,170	70k,0	15.1

Comme on le voit, l'acier du rail de Saint-Chamond est exceptionnellement pur et d'une dureté médiocre, ce que prouvent à la fois, et les résultats de son emploi, et sa résistance à la traction, et son inaptitude à la trempe.

On reconnait également, que le métal du rail très usé d'Imphy, tout en étant aussi pur que celui du rail de Saint-Chamond, ren-

(1) Nous n'avons pas besoin de spécifier qu'il s'agit de la forme des champignons et non de celle des rails.

ferme un peu moins de carbone et une proportion de manganèse plus forte, ce qui l'a durci, et a élevé sa résistance au-dessus de la moyenne.

On peut constater enfin, que l'acier des bons rails d'Imphy, aussi pur, aussi carburé que celui de Saint-Chamond, n'en diffère que par sa richesse en manganèse, laquelle a développé, à un haut degré. les qualités propres à ce métal, la faculté de trempe, la résistance et la dureté.

Nous pouvons donc conclure :

CONCLUSIONS. — 1° Que, conformément aux prévisions de M. Gruner, les aciers les plus durs jouissent, comme les aciers doux. du privilège de l'inoxydabilité relative;

2° Qu'entre tous les aciers durs, la supériorité appartient aux aciers les plus caractérisés, les plus durs;

3° Que l'acier destiné aux rails, s'il est dur, doit être d'une qualité notablement supérieure à celle qui est définie par la résistance de 70 kilogr.

4° Enfin, que l'acier doux est inutilisable pour toutes les formes de rails à champignons évidés analogues à celle du rail du réseau d'Orléans.

Cette dernière conclusion se trouvant justifiée par ce fait que la résistance de 64 kilogr. n'a pas empêché les rails de Saint-Chamond de se déformer, il n'est pas inutile de rappeler que M. Dudley a prescrit pour les rails doux de forme Vignole, un maximum de résistance de 50 kilogr. et de montrer par là combien la forme du champignon Vignole est supérieure à celle des champignons du rail symétrique (1).

DURÉE DES RAILS ACTUELS. — Nous terminerons par une appréciation de la durée des rails actuels et des rails d'acier en général, appréciation que nous croyons pouvoir fonder sur les observations et les faits que nous venons d'exposer.

Si l'on veut bien admettre que le premier rail d'Imphy, celui qui s'est le plus usé, n'en a pas moins rempli les conditions prescrites pour sa réception, qu'il est dur et pur, c'est-à-dire à forte

(1) Nous n'avons pas besoin de spécifier qu'il s'agit de la forme des champignons et non de celle des rails.

dose de carbone et à faible dose d'éléments étrangers. On admettra peut-être aussi que tous les rails impurs, ou moins purs, tous ceux dont la dureté a été obtenue par des dosages inverses, que tous ces rails, disons-nous, sont inférieurs à ce rail d'Imphy et sont condamnés à périr plus rapidement encore par le frottement et par l'oxydation. En d'autres termes, s'il n'est pas contesté que le métal des rails actuels ne soit en général, moins carburé, moins résistant, moins dur que celui dudit rail d'Imphy, nous prendrons pour base l'état de ce rail, et nous essaierons de déterminer, au moins, approximativement, la limite extrême de longévité de la majorité des rails français.

Rappelons, d'abord, que ce rail placé en pente, appartient à la première catégorie, nous n'avons donc rien à déduire de l'évaluation qui a été faite de sa durée probable, au moins, en ce qui concerne les rails à longue durée (2[e] catégorie).

Mais ledit rail ne s'est pas seulement usé à sa surface supérieure, il s'est aussi profondément détérioré à sa base. A voir l'épaisseur de métal que son champignon inférieur a perdue par la rouille, et la profondeur à laquelle il a été entaillé par les éclisses, on ne peut douter que ces dégradations ne soient de nature, à elles seules, à entraîner sa destruction.

Il nous faut donc vérifier, indépendamment de l'usure, ou, dans le cas d'usure lente, qu'elle peut être l'influence de ces dégradations sur la durée du rail.

Nous supposerons, pour cela, que le rail se trouve placé dans la deuxième catégorie, et nous admettrons d'une part : que la largeur de son champignon inférieur ne pourra se réduire sans danger, de plus de un centimètre, et, d'autre part que le rail sera réformé, ce qui va de soi, lorsque ses éclisses ne pourront plus être resserrés.

Sur le premier point, nous rappelons que la rouille a corrodé le champignon inférieur dudit rail et a réduit sa largeur de $3^{m}/^{m}$, 6 en 20 ans ; la limite de un centimètre sera donc atteinte en 56 ans.

Sur le second point, l'époque de la destruction de l'éclissage ne peut être calculée aussi facilement. Il faut, en effet, tenir compte du tracé et du trafic. On peut estimer, toutefois, que cette date ne s'écartera guère de celle à laquelle la rouille aura fait son

œuvre. Un croquis de la position actuelle des éclisses montre que leur pénétration dans la matière du rail a progressé annuellement, à raison de de $0^{m}/^{m},13$, et que la buttée de leur mentonnet inférieur contre l'âme du rail, se serait opérée avant dix ans. Le rail d'Imphy aurait donc été retiré des voies pour ce fait vers l'âge de trente ans. Or, quelque large que l'on fasse la part du tracé et du trafic sur la rampe d'Etampes, on ne saurait attribuer au frottement des éclisses sur ce point, un effet deux fois plus rapide que sur les voies à niveau et à faible trafic, d'autant que ce frottement se produit indépendamment du passage des véhicules.

La durée de la majorité des rails actuels n'excédera donc pas le double de celle du rail d'Imphy. Que l'on découvre ou non le champignon inférieur des rails comme l'est habituellement le patin des rails Vignoles, leur destruction et celle du rail Vignole lui-même ne s'en fera pas moins par l'éclissage et leur durée ne dépassera guère soixante ans.

Nous n'avons pas besoin de dire que ce chiffre ne représente qu'approximativement la durée maximum des rails demi durs de la seconde catégorie. Cette durée, exagérée pour la plupart d'entre eux, variera naturellement avec la qualité de l'acier, avec le climat, le trafic, l'état du ballast et des voies elles-mêmes.

La durée des rails de la première catégorie (rails à usure rapide) nous a été indiquée, déjà, par celle du premier rail d'Imphy. Nous savons que l'usure des rails durs est de moitié plus lente que celle des rails demi durs de la nature de celui d'Imphy.

Que l'on s'imagine maintenant ce que peut être la durée des rails dont l'usure annuelle ne se mesure, comme nous l'avons dit en commençant, que par centièmes de millimètre; que l'on se base, seulement, sur l'usure d'un 1/2 dixième de millimètre pendant une partie de leur durée, et l'on ne sera pas surpris de nous voir attribuer aux bons rails, aux rails durs, représentés par le second échantillon d'Imphy et placés dans la seconde catégorie, une durée double et même triple de celle que nous avons trouvée pour les rails demi durs.

Dans ces conditions, la durée des rails actuels, que nous supposons fabriqués pour la plupart en acier demi dur, ne dépassera

pas 30 ans, ou 60 ans suivant que ces rails seront placés dans la première ou dans la seconde catégorie.

La dépréciation dont ces rails seront frappés par rapport aux rails durs, sera ainsi de 30 à 40 0/0 dans le premier cas, et de 50 à 70 0/0 dans le second.

Nous conclurons, en terminant, qu'à défaut de l'acier doux, dont la valeur en France n'a pu être appréciée jusqu'ici et dont l'application ne peut être faite qu'aux rails de forme Vignole, on peut se contenter de l'acier dur, pourvu que cet acier résiste à plus de 75 kilogr. à la traction et donne un allongement minimum de 6 à 8 0/0.

NOTE

SUR

LA BARRE DE RIO-GRANDE DU SUD

(Brésil)

PAR M. GEORGES BIANCHI

Avant de traiter cette importante question de la Barre de Rio-Grande du Sud, je crois utile pour l'intelligence de ce qui va suivre, de donner quelques détails sur la riche province qui porte le même nom, l'une des plus grandes du monde, qui représente presque la quinzième partie de la superficie de la terre; ces détails sommaires montreront combien il est important d'assurer le libre passage de cette barre.

La province de Rio-Grande du Sud est, par son climat, analogue à la partie méridionale de l'Europe; par ses produits naturels, augmentés de ceux des régions tropicales, elle est l'une des plus importantes provinces du Brésil.

Ses villes sont modernes et ses habitants complètement européens; ses édifices sont importants et du dernier style pour la plus grande partie.

Les centres les plus importants comme position et comme avenir sont :

1° La ville de Rio-Grande qui est destinée à devenir le véritable port de mer de la province ; sa population est d'environ 17,000 habitants ; son port actuel est un travail remarquable ; la douane (ou alfandega), vastes bâtiments de la province, est déjà la preuve manifeste de son vrai nom : port de mer ; de plus cette ville est la tête de la ligne du chemin de fer du Sud de la province.

2° Celle qui vient ensuite, est Pelotas, dont les intérêts sont liés intimement à la première, à laquelle elle est reliée par un chemin de fer de 40 et quelques kilomètres de longueur ; le trajet d'une de ces villes à l'autre s'effectue, par voie d'eau, en trois heures.

Sa population est un peu supérieure à celle de Rio-Grande.

Elle est le grand et important comptoir des produits de l'intérieur ; c'est une riche et belle ville.

3° Enfin, Porto-Alègre, capitale de la province, est située au fond du lac Dos-Patos.

Sa population est de 25,000 habitants ; son titre de Capitale suffit amplement pour faire comprendre son importance.

4° Sur un autre grand lac, qui communique avec celui Dos-Patos par un canal naturel,dit rivière de San-Conçalo, qui traverse la ligne du chemin de fer de Rio-Grande à Bagé, construite tout dernièrement par une Compagnie Française sous l'intelligente et active direction de M. Bonnafous, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées de France, est la ville de Jaguaraô, qui, par ses terrains carbonifères, est destinée à devenir le Creusot de la province de Rio-Grande.

Ce sont les quatre plus importants centres du littoral des deux lacs Dos-Patos et Mirim.

Les produits de la province sont : les viandes sèches et salées, les cornes, le noir animal, les cuirs, les cendres, les plumes d'autruche, l'hermine, le maïs, le blé, qui paraît devenir une des plus importantes cultures, les fourrages, tout les fruits et légumes d'Europe, et enfin la vigne et les bois.

D'immenses pâturages sont consacrés à l'élevage des bestiaux,

Les mûriers et la culture des vers à soie prennent une grande extension.

L'industrie, bien que peu étendue, va toujours en augmentant et il est certain que, vu les avantages résultant du climat, cette province deviendra forcément le centre manufacturier du Brésil.

Tel est l'espoir des richesses de ce pays, que j'ai habité durant sept ans et qui présente un grand attrait pour nous.

Notre industrie et nos produits peuvent y être introduits, car la sympathie des habitants nous est acquise ; il est bon d'appeler l'attention de nos industriels sur ce point, afin de répondre aux reproches qui nous sont faits : « Il faut aller chez vous, » Messieurs les Français, pour acheter, disent les Brésiliens, » tandis que les Allemands et les Anglais nous apportent leurs » produits manufacturés.

Comme annexe à cette communication, je donne divers tableaux relatifs au mouvement maritime d'entrée et de sortie des navires; un état comparatif des importations et exportations durant les exercices de 1869-1870 à 1880-81, extraits d'un important travail publié par le gouvernement Brésilien et émanant de la commission d'amélioration, qui a été dirigée par un habile ingénieur brésilien, M. le docteur Honorario Bicalho.

Une carte de la Barre, (Pl. 132) jointe également à cette communication, permettra à ceux de nos collègues que la question intéresse, de suivre facilement cet exposé.

Je vais maintenant fournir quelques courts détails sur la côte Sud du Brésil, détails ayant trait à cette grande difficulté qui depuis longtemps occupe la sollicitude du gouvernement et paralyse l'activité de l'intelligente population brésilienne.

Sur la côte Sud du Brésil, depuis la capitale Rio-de-Janeiro, on compte suivant la direction Sud-Ouest, et sur une étendue de 528 milles, entre les caps Frio et Santa-Martha, une assez grande quantité de ports importants pour le cabotage et la navigation océanique :

Premièrement, celui de la plus belle et de la plus importante baie du monde, Rio-de-Janeiro.

Viennent ensuite les villes de Mangaratibo, Angra Dos-Reis, Parati, Ubatuba, Santos, Ignapé et Canavéa, assez avancées dans l'intérieur des terres, Paranagua, San-Francisco et Destero ;

De l'île de Nossa Senhara do Destero, appartenant à la province de Santa-Catharina, jusqu'au cap Santa-Martha, la côte continue en s'infléchissant à l'Ouest sur une étendue de 158 milles ; c'est sur cette partie de la côte que l'on rencontre une petite baie, dite Das-Torres.

Enfin, du cap Santa-Martha, et sur une étendue de 278 milles, la partie orographique du littoral disparaît aux yeux du navigateur et le littoral n'est plus formé que de terrains bas et sablonneux ; le seul point dangereux que la navigation costale rencontre, est un banc rocheux à 3 milles de la plage, ou dalle dite Campo-Bom, et qui se trouve situé par le 28° 45′ 30″ de latitude Sud et le 5° 48′ 20″ longitude Ouest de Rio-de-Janeiro.

Enfin, au Sud de la barre de Rio-Grande, sur un développement de 200 milles, la terre avance sur l'Océan ; sur cette grande étendue de côtes basses, l'on ne rencontre que le refuge de Castillos et le port de Paloma, dans l'État oriental de l'Uruguay.

C'est cette partie de la côte qui est la moins étudiée au point de vue orographique.

Ce n'est qu'au mont Augostura que la partie orographique devient connue.

Entre ces deux parallèles séparés par 5 degrés de latitude, le squelette rocheux se trouve encastré dans les terres et forme, le long de la côte, un contour accidenté et presque parallèle à l'Atlantique dont il est éloigné de 20 milles à peu près ; c'est là qu'on rencontre la partie occidentale des lacs Dos-Patos et Mirim qui sont les tributaires du système hydrographique oriental de la province de Rio-Grande du Sud.

Ces deux lacs sont séparés de l'Océan Atlantique par des basses terres sablonneuses et recouvertes de sédiments modernes ; la végétation très pauvre est souvent interrompue par des monticules de sables se déplaçant sous l'influence des vents Sud-Ouest et Nord-Est qui règnent presque constamment sur ces côtes et qui sont les principaux agents de l'encombrement de l'entrée de la barre par les sables ainsi que par les limons, sédiments et petites végétations entraînés par les fleuves qui sont tributaires de ces deux lacs.

Sous l'influence des vents, il en est résulté la formation d'une

longue péninsule, qui n'est autre qu'un ancien banc de sable mis à sec par le retrait des eaux ainsi que par l'accumulation et le rehaussement des sables. On peut donc dire avec certitude que, dans des temps reculés, le littoral Ouest du lac n'était autre que celui de l'Océan.

Du reste, dans les fouilles qui ont été faites pour la fondation des piles du pont du chemin de fer qui passe sur le San-Gonçalo, on a retrouvé des matériaux de gisement qui confirment amplement cette hypothèse.

Cette immense péninsule a pour largeur minima 5 kilom. 1/2 et pour largeur maxima 100 kilomètres.

De la lutte qui s'est engagée entre les marées de l'Atlantique, les courants des fleuves et les vents, il est résulté qu'actuellement un seul canal de la Barre reste praticable : celui dit du Nord, qui se trouve à 278 milles de son principal tributaire, le Rio-Iguahiba, sur les bords duquel se trouve la ville de Porto-Alègre.

Ce bassin hydrographique, qui compte presque la moitié de la surface de la province de Rio-Grande du Sud et même une partie de l'Uruguay, offre, en sable, une surface qui n'est pas inférieure à 160,000 kilomètres carrés.

L'élévation de plus hautes eaux, à Rio-Grande, a été, pendant 15 ans, de près de 1^{m},970.

Le développement de la navigation intérieure, tant sur ces deux lacs que sur les fleuves, est de 1,400 kilomètres ; ce chiffre est le même pour les deux lignes de chemin de fer Nord et Sud en exploitation et en construction dans cette province.

En terminant cet aperçu de la situation de la Barre et des lacs qui lui fournissent leurs eaux, je donnerai, d'après le méridien de Rio-de-Janeiro, la position géographique de la Barre de Rio-Grande du Sud :

32° 27′ 60″ de latitude et 9° 0′ 2″ de longitude Ouest.

Il résulte des faits matériels enregistrés que l'obstruction de la Barre de Rio-Grande du Sud est la résultante de tous les dépôts et transports de sables, sédiments, corps organiques et corps désagrégés. (Il existe dans cette province un grès dur à l'air qui se désagrège dans l'eau au bout d'un temps très court.)

Toutes ces matières sont en suspension dans les eaux des tri-

butaires des deux lacs Patos et Mirim. Elles se déposent en plus ou moins grande quantité, ou sont déplacées sous les diverses influences des hautes et basses eaux, des courants plus ou moins forts, et enfin sous l'influence non moins importante des vents.

Il est inutile de citer ici tous les exemples que l'on rencontre à l'embouchure de divers grands fleuves, tels par exemple que le Mississipi et le Danube, ni de faire une théorie sur le travail constant que la nature exerce sur ces artères, tributaires de l'Océan, et qui, par suite de l'encombrement des limons, sables et autres matières en suspension, paralysent par leurs dépôts les intérêts commerciaux.

C'est du reste une question technique savamment élaborée par nos célèbrités scientifiques; mais si la science d'observation et de raisonnement nous donne la cause des faits, les intérêts primordiaux des classes laborieuses réclament à la science positive et pratique de l'Ingénieur, la solution appliquée de ces théories.

Un grand nombre d'ingénieurs et d'officiers de marine ainsi que diverses autres personnes, se sont occupés de cette question et ont cherché à faire mettre en pratique leurs idées; telles, par exemple, que l'emploi de torpilles ou de digues artificielles faites de colonnes en fonte, fer, bois, ou maçonnerie, afin d'offrir une certaine résistance aux eaux, facilitant ainsi les dépôts et améliorant le chenal; on a également essayer d'installer des tubes de terre cuite percés de trous dans leurs parcours et dans lesquels on insufflait, sous l'influence d'une force motrice puissante, un courant d'eau qui déplaçait les sables et améliorait ainsi le chenal.

Ce dernier procédé doit être pris en considération, pouvant être appliqué dans le cas de rivières ou de petits fleuves.

D'après divers auteurs, la vitesse de transport des matières solides tenues en suspension dans les eaux est :

« Pour une vitesse de $0^m,10$ par seconde, le transport d'alluvions;
» pour une vitesse de $0^m,20$ par seconde, le transport de sables
» fins, matières pulvérulentes ou végétaux de faible grosseur ;
» pour une vitesse de 0,30 à 0,75, le transport de cailloux ou
» gros sable; pour $1^m,20$, le transport de cailloux de la grosseur
» d'un œuf; enfin, pour $2^m,00$, la vitesse des eaux désagrège
» les terrains schisteux mous. »

Les marées qui produisent la barre à l'embouchure des fleuves, diminuent la vitesse d'écoulement des eaux fluviales, facilitant ainsi les dépôts des sédiments en suspension.

Les moyens employés dans le cas des ports à faible marée, paraissent être, au point de vue de l'amélioration provisoire, le dragage, ou les canaux latéraux ; enfin, dans le cas de marées plus intenses et d'une barre constante, le moyen qui, jusqu'à ce jour, a fourni les meilleurs résultats, a toujours été — du moins aidé par le dragage — la canalisation au moyen de jetées formant avant-port à l'origine même de la barre ; on peut, par des études spéciales des courants et des vents, déterminer la position de ces jetées, la mieux appropriée aux dépôts latéraux ou à grande distance.

La commission d'amélioration du port de Rio-Grande a employé, pour atténuer l'obstruction constante qui rend difficile la navigation du lac Dos-Patos et particulièrement le passage de la barre, des dragues Morris et Cumings.

Bien que ces dragues reposent sur le même principe que les anciens modèles, elles ont été notablement modifiées et améliorées par ces Messieurs, ainsi que l'ont prouvé des expériences faites notamment lors de l'exécution des fondations à air comprimé de la culée du pont suspendu de Brooklyn, côté de Brooklyn sur le East-River (New-York).

Par suite de perfectionnements spéciaux, MM. Moriss et Cumings ont pu extraire des blocs allant jusqu'au poids de 15,000 kilogs. Ces dragues d'une force de 100 chevaux peuvent être facilement manœuvrées par huit hommes, et, à des profondeurs de huit mètres environ, on a obtenu, en une demi-minute, une révolution complète du chapelet des hottes d'excavation ; ce sont donc là des résultats très importants.

Dans une autre communication, je décrirai en détail ces dragues, ainsi que celles qui ont été employées pour le Mississipi, le Danube et autres fleuves.

Tout en reconnaissant les qualités pratiques des dragues « North » américaines, il faut, dans le cas de la Barre de Rio-Grande, préconiser celle de notre compatriote, M. l'ingénieur Lavalley, construite par les importants établissements de Fives-Lille, laquelle a donné d'excellents résultats pour la désobstruction des ports de Dunker-

que et Calais ; il faut rendre justice aux importants et utiles travaux de M. Lavalley.

Le dragage paraît sans doute un bon moyen d'amélioration ; c'est là une question délicate en raison de la nature si diverse des ports obstrués et des causes qui provoquent l'obstruction.

Dans le cas de la Barre de Rio-Grande, ce système peut avoir quelque efficacité, mais le dragage venant à cesser d'action, l'état primitif qui résulte de l'action d'une force constante reparaît à nouveau et la perte de temps est en raison directe du carré et même, dirais-je, du cube de la reprise de l'obstruction.

Il convient, pour le début, de faire des jetées à l'imitation de celles déjà employées pour le Mississipi, qui ont donné de très bons résultats.

Les travaux en maçonnerie à venir nécessitent une étude plus approfondie du sol sous-marin : il faut reconnaître par des sondages spéciaux, si l'on peut rencontrer un terrain d'une consistance suffisante pour supporter la surcharge de ces maçonneries.

On peut induire des expériences faites sur l'écoulement des liquides par des orifices et des vases de diverses formes, que la forme tronconique pour le solide des maçonneries, est probablement la plus avantageuse ; la partie étroite faisant retrécissement à l'écoulement des eaux du lac Dos-Patos et la base de ce tronc de cône déversant les eaux dans l'Océan.

Il est nécessaire naturellement d'orienter ces jetées formant l'avant-port, de façon à lutter avantageusement contre les dépôts par transports sous l'influence des vents Nord-Est et Sud-Ouest dont j'ai déjà parlé plus haut.

Il est plus que probable que ces travaux préliminaires d'amélioration, et, par la suite, de construction définitive, nécessiteront leur prolongation par un canal latéral également en maçonnerie et allant jusqu'à la ville de Rio-Grande, laissant au dragage le service spécial de la désobstruction de la partie nord du lac.

Voici le court exposé de cette importante question, dont la solution entraînerait une dépense d'au moins 375,000 francs.

Je ne veux pas achever cette communication sans rendre justice aux importantes études dirigées par M. l'Ingénieur brésilien Honorario Bicalho, et qui, jusqu'à ce jour, sont les documents les plus

utiles et qui seront, j'en suis certain, les plus fructueux pour la création du port futur de la ville de Rio-Grande.

Je me ferai un devoir, me rendant sous peu dans cette même province, ou mes occupations m'appellent, de tenir la Société des Ingénieurs Civils au courant de ces travaux que la sollicitude du gouvernement Brésilien n'abandonnera pas, pour ne pas laisser chômer les intérêts d'une de ses plus prospères provinces, qui, comme toutes celles limitrophes, a si glorieusement prouvé son amour national lors de la guerre du Paraguay.

La ligne du chemin de fer de Rio-Grande à Bagé, construite par la Société des travaux et constructions, sous la garantie de la Banque des Dépòts et Comptes courants, a, sous la direction de M. Bonnafous, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées de France, donné la preuve évidente de la sympathie qui unit la France et le Brésil; ces travaux exécutés avec rapidité et intelligence, font honneur à M. Bonnafous.

ANNEXE

TABLEAU I

IMPORTATION ET EXPORTATION

1° Importation.

EXERCICES	IMPORTATION		VALEUR OFFICIELLE	
	$.	reis.	$.	reis.
1869 — 1870	4.010.504	345	13.368.347	816
70 — 71	4.049.953	998	13.499.846	660
71 — 72	3.517.322	399	11.724.407	996
72 — 73	3.370.541	353	11.235 137	843
73 — 74	3.154.406	727	10.314.689	090
74 — 75	2.908.094	664	9.693.648	880
75 — 76	3.049.470	325	10.164.901	083
76 — 77	3.014.698	199	10.048.993	996
77 — 78	2.510.651	494	8.368.838	313
78 — 79	3.465.661	695	11.551.538	191
79 — 80	3.931.537	754	13.171.792	513
80 — 81	3.726.730	483	12.422.434	943

2° Exportation

EXERCICES	EXPORTATION		VALEUR OFFICIELLE	
	$.	reis.	$.	reis.
1869 — 1870	1.106.260	452	15.803.720	742
70 — 71	887.813	068	12.683.043	828
71 — 72	1.027.314	955	14.675.927	928
72 — 73	1.142.596	279	16.332.803	985
73 — 74	887.856	880	12.540.812	571
74 — 75	774.351	215	11.062.160	214
75 — 76	570.307	898	8.147.255	685
76 — 77	606.153	484	8.659.335	485
77 — 78	638.217	509	9.117.392	985
78 — 79	700.855	191	10.012.217	014
79 — 80	766.527	891	10.950.398	442
80 — 81	640.781	934	9.150.027	628

La valeur de 1$000 reis = 2 fr. 50 cent.

TABLEAU 2

ENTRÉES & SORTIES des NAVIRES BRÉSILIENS & ÉTRANGERS de 1873 à 1883

Entrées.

ANNÉES	BRÉSILIENS		ÉTRANGERS		TOTAL	POIDS EN TONNES	TIRANT D'EAU en Palmes Brésiliennes	Observations
	à voiles	à vapeur	à voiles	à vapeur				
1873	200	69	329	5	603	152.841	16.5	
74	208	99	247	3	557	164.576	16.5	
75	186	123	267	9	585	190.824	16.5	
76	186	130	257	3	576	186.833	16.5	
77	151	128	249	1	529	184.119	16.5	
78	163	118	321	6	608	175.061	17.»	Maximum
79	157	107	324	6	594	134.272	17.»	—
80	146	133	322	18	619	150.587	16.5	
81	128	137	270	19	554	133.779	16.»	
82	170	131	304	46	651	147.442	14.5	Minimum
83	94	61	164	36	355	78.420	15.»	
11 ans.	1.789	1.236	3.054	152	6.231	1.698.754		

Sorties.

ANNÉES	BRÉSILIENS		ÉTRANGERS		TOTAL	POIDS EN TONNES	TIRANT D'EAU en Palmes Brésiliennes	Observations
	à voiles	à vapeur	à voiles	à vapeur				
1873	255	69	343	6	633	167.472	16.5	
74	189	99	266	2	556	171.081	16.5	
75	196	123	257	9	585	201.101	16.5	
76	186	130	249	1	566	193.623	16.5	
77	149	127	230	0	506	183.883	17.»	Maxima
78	164	1 8	311	5	598	175.815	16.5	
79	166	105	314	7	592	134.842	16.»	
80	149	134	323	18	624	150.081	16.5	
81	127	138	272	18	555	133.276	15.5	
82	164	134	311	44	653	145.648	14.5	
83	84	62	183	37	366	82.119	14.»	Minimum
11 ans.	1.789	1.234	3.059	147	6.234	1.738.951		

La valeur de la Palme est de 0m220 m/m.

TABLEAU 3

État de la Barre de Rio-Grande du Sud (Brésil) et des vents correspondants.

VENTS	ETATS DIVERS DE LA BARRE					OBSERVATIONS
	CALME	avec faibles vagues	avec fortes vagues	par une grosse mer	Impraticable	
	jours	jours	jours	jours	jours	
N.-E.	26	78	59	20	63	»
E.-N.-E.	30	75	37	7	16	»
— Est.	20	62	30	6	14	»
E.-S.-E.	21	66	29	8	20	»
S.-E.	20	55	30	16	19	»
S.-S.-E.	14	40	29	7	22	»
— Sud.	40	75	46	18	28	»
S.-S.-O.	13	34	35	7	27	»
S.-O.	27	51	40	12	39	»
O.-S.-O.	20	38	15	4	22	»
— Ouest.	34	33	15	5	8	»
O.-N.-O.	14	21	7	2	3	»
N.-O. (1).	13	11	4	1	2	(1) Vent le plus favorable à la navigation de la barre et des lacs.
N.-N.-O.	8	5	3	2	3	
— Nord.	30	53	53	1	10	»
N.-N.-E.	30	78	78	12	35	»
	360	775	415	310	331	»

L'on peut d'après ce Tableau donner le suivant qui résume par année les faits précédents.

ANNÉES	ETATS DIVERS DE LA BARRE					OBSERVATIONS
	CALME	avec faibles vagues	avec fortes vagues	par une grosse mer	Impraticable	
	jours	jours	jours	jours	jours	
1877	110	112	70	18	1	Résumant les indications pour 2 vents divers et en double dans la somme.
78	103	85	87	21	9	
79	53	129	99	25	28	
80	55	192	42	14	79	
81	25	164	40	17	92	
82	14	93	77	35	122	
6 ans.	360	775	415	130	231	

Le tableau nº 2 annexé à la présente note, montre que le nombre de jours ou la barre a été impraticable, a atteint son maximum en l'année 1882. De plus, de 1877 à 1882, il y a eu 354 jours de vents de terre variant entre l'Ouest et le Nord et 718 jours de vents de la mer, variant de l'Est au Sud.

Durant les 354 jours de vents de terre, on a consigné 99 jours de bonne barre, soit 28 0/0, et, durant les 718 jours avec vents de l'Océan, on a eu seulement 115 jours de bonne barre soit 16 0/0; ce qui démontre que les vents de terre sont les moins favorables à la barre.

Enfin, durant les 354 jours de vents de terre, il y a eu 11 jours de barre impraticable, soit 10 0/0, et durant les 718 jours de vents de la mer, il y a eu 55 jours de barre difficile, soit 22 0/0; ce qui prouve une dernière fois que les vents venant de l'Océan sont les plus préjudiciables à la franchise de la barre et implique forcément la construction d'un avant-port ou jetées avancées dans l'Océan.

NOTE

SUR LE

BLUTAGE DES TERRES

Par M. Eugène FLACHAT.

PRÉLIMINAIRES. — Il y a quelques années, un industriel organisait dans sa propriété une usine de béton aggloméré.

Il apporta successivement à cette fabrication plusieurs modifications, tant à la forme des moules, qu'au moulage lui-même ; mais la principale modification qu'il apporta, et dont je veux m'occuper spécialement dans ce rapport a été de retirer de la terre les matières premières qui, mélangées avec le ciment, forment le béton ou le mortier nécessaire.

Avant d'entrer dans les détails de l'appareil à l'aide duquel on procède à ce blutage, il est nécessaire de présenter quelques considérations générales relatives aux travaux de ciment.

AVANTAGE APPARENT DU SABLE DE RIVIÈRE. — L'usage a démontré depuis longtemps, qu'un béton de ciment fabriqué avec du sable dont les grains sont d'une certaine grosseur, était plus résistant au cassage, qu'un béton fabriqué avec du sable fin, à égale proportion de ciment.

Cela s'explique par la moins grande quantité de parties divisibles dans le premier cas que dans le second.

On a donc été conduit à prescrire pour la fabrication du béton

de ciment pour tuyaux, le sable de rivière qui est composé d'une grande quantité de petits cailloux parfaitement propres à cette fabrication, ce qu'on ne peut obtenir que très difficilement avec du sable de fouille, à cause de la grande quantité d'eau qu'il serait nécessaire d'employer pour ce lavage.

Des expériences faites récemment à l'usine précitée, prouvent d'une manière irréfutable, que la résistance du béton fabriqué avec du gros sable provenant du lavage des terres de fouille, est plus grande que celle du béton fabriqué avec du sable de rivière.

C'est ainsi que de deux briquettes de béton fabriquées dans des conditions identiques de dosage, l'une avec du sable de fouille lavé, l'autre avec du sable de rivière, la première rompit sous un effort de . . . . 268 k. 000
la seconde sous un effort de . . . . 220 k. 000.

On peut facilement expliquer cette différence de ténacité, en examinant les grains du sable qui entrent dans la fabrication de ces bétons.

On remarque, en effet, que, dans le sable de rivière, les grains ont pour la plupart, des formes géométriques et arrondies, provenant de leur roulement continuel les uns sur les autres, ce qui leur donne des surfaces lisses, tandis que les grains du sable de fouille ont des formes quelconques et présentent presque tous des faces rugueuses.

C'est à ces différences qu'on doit le plus ou moins de ténacité du béton; et c'est tellement vrai que, si on examine la cassure de la briquette fabriquée avec du sable de rivière, on aperçoit dans l'une ou l'autre des faces de cette cassure, les alvéoles parfaitement unies des pierres rencontrées par la cassure, et qui, dans ce cas, ont agi comme les noyaux d'un moule.

La cassure de la briquette faite avec du sable de fouille ne présente pas la même apparence, et chaque pierre est entourée d'une quantité plus ou moins grande de ciment.

Il est évident que pour arriver à un bon résultat, il faut faire subir au sable de fouille un lavage complet.

RÉSULTAT DU LAVAGE DU SABLE DE FOUILLE. — C'est à la suite de ces expériences, que cet industriel eut l'idée d'employer dans la fabrication de ses bétons de ciment, du sable de fouille parfaitement

lavé, et, pour ne pas être obligé de chercher des carrières de sable de fouille, il conçut l'idée de retirer économiquement de la terre ordinaire, le sable fin et les cailloux qu'elle contient, de manière à les obtenir dans leur plus grande pureté.

Il résolut ce problème à l'aide de l'appareil suivant.

DESCRIPTION DE L'APPAREIL. — L'organe principal de cet appareil, est un cylindre creux de 1 mètre de diamètre environ, dont la paroi latérale, formée d'une feuille de cuivre d'une épaisseur convenablement résistante, est percée de trous de différents diamètres groupés suivant leur dimension en plusieurs zones d'une longueur de 1 mètre chacune.

La première de ces zones, a des trous de petit diamètre, tandis que ceux de la dernière, zone correspondent à l'anneau de $0^{m},06$ de diamètre.

Au-dessous de chacune de ces zones, se trouve un récipient en zinc, qui reçoit les cailloux venant du cylindre troué ; ces récipients sont inclinés de manière à faciliter l'enlèvement des cailloux.

L'axe du cylindre est formé d'un arbre creux troué également, dans lequel arrive un courant d'eau soumis à une certaine pression.

Cet axe, et par conséquent le cylindre, reçoivent, par l'intermédiaire d'une roue hydraulique , un mouvement de rotation qui n'excède pas un tour par minute. La terre est introduite dans le cylindre par son extrémité correspondant aux trous du plus faible diamètre, et est entraînée vers l'autre extrémité, par une hélice qui se trouve à l'intérieur du cylindre.

L'introduction de la terre se fait par petite quantité à la fois, et pelletée par pelletée.

Cette terre, sous l'influence d'un arrosage venant simultanément de l'axe creux du cylindre et d'un tuyau qui se trouve au dessus de ce cylindre et qui distribue l'eau sur tout son parcours, se débarrasse peu à peu de tous ses cailloux parfaitement lavés, et au fur et à mesure qu'elle rencontre des trous d'un diamètre suffisant.

C'est ainsi que, dans les récipients correspondant à chaque zone du cylindre, on trouve une catégorie correspondante de cailloux, ceux de la dernière zone pouvant servir aux empierrements des

chemins, ou à fabriquer le béton pour fondation d'ouvrages d'art.

L'eau qui sert à ces divers lavages et qui, par conséquent, est chargée de sable fin et de terre végétale ou humus, est recueillie dans l'une ou l'autre des deux cuves peu profondes en forme de demi cylindre, dans lesquelles se meuvent des dents recourbées et plates de manière à agiter constamment cette eau.

Sous l'influence de cette agitation, le sable fin se dépose peu à peu, et quand l'eau qui déborde de la première cuve sort limpide, on fait arriver le courant dans la deuxième cuve et on ouvre la vanne de la première.

On recueille ainsi dans un bassin spécial, un sable fin parfaitement propre qui sert à fabriquer le mortier de ciment.

Ajoutons que l'eau qui sert à ces différents lavages ne se rend à la rivière qu'après avoir traversé une série de bassins où l'humus qu'elle tient en suspension se dépose.

En résumé, à l'aide de l'appareil ci-dessus, on retire d'une terre quelconque les différents éléments dont elle se compose tels que :

1° Sable fin ;

2° Gravier groupé par catégorie de grosseur ;

3° Pierre propre à faire des empierrements de chemins ou du béton de fondation ;

4° De l'humus très recherché par les agriculteurs et les maraîchers ;

Cet appareil qui fonctionne depuis plusieurs années déjà à l'entière satisfaction de l'industriel qui l'a établi, ne doit son bon fonctionnement, qu'à la grande quantité d'eau qu'on doit lui donner, et on peut dire de prime abord, que ce système ne sera économique que si on peut y appliquer un moteur hydraulique qui fera fontionner en même temps les pompes nécessaires à l'élévation des eaux de lavage.

Il convient de remarquer que, de toute l'eau qui est nécessaire pour ce travail, aucune quantité ne se perd, si ce n'est celle que conserve l'humus quand il se dépose dans les bassins.

On peut donc dire que, lorsque le régime de l'usine est établi, il rentre autant d'eau dans le ruisseau qu'il en sort pour le travail.

MAIN-D'OEUVRE. — La main-d'œuvre nécessaire pour ce travail se réduit à peu de chose.

Un manœuvre suffit pour enlever les différents cailloux des récipients et les mettre en tas, de même que pour le sable fin.

Un second manœuvre est nécessaire pour mettre la terre dans le cylindre.

Mais, on doit remarquer que ce manœuvre pourrait facilement être remplacé par une petite drague qui distribuerait la terre dans la proportion désirable; on réduirait ainsi le personnel à un manœuvre, ce qui serait le minimum.

L'économie qui résulte de ce procédé a permis d'abaisser les prix des tuyaux de ciment dans d'assez fortes proportions tout en augmentant leur qualité.

C'est ainsi que la vente des gros cailloux propres aux empierrements, et de l'humus recherché par les maraîchers, couvre les frais de main-d'œuvre.

On pourrait du reste encore réduire les frais de main-d'œuvre de la fabrication du béton, en faisant faire le mélange des cailloux et du ciment par un malaxeur, qui recevrait le mouvement du même moteur hydraulique.

Il convient de remarquer que la force que le moteur doit vaincre pour faire fonctionner l'appareil est à peu près la même, que l'appareil marche à vide ou qu'il fonctionne, vu la très petite quantité de terre que l'on introduit dans le cylindre.

CONCLUSION. — Il y a dans l'application que je viens de citer, une idée qui pourrait être mise en pratique par de grands entrepreneurs de travaux publics, qui pourraient trouver, dans les déblais qu'ils exécuteraient, le sable nécessaire au mortier et les cailloux nécessaires soit à leurs maçonneries de béton, soit aux empierrements de chaussées. Cet appareil peut être établi très économiquement, en le réduisant à ses organes essentiels.

CHRONIQUE

—

Sommaire. — Appareil de Solms pour commande de distribution dans les machines à vapeur (*fin*). — Démolition de vieilles machines par la dynamite. — Distribution de force motrice par l'eau sous pression. — Ascenseurs du tunnel de la Mersey. — Etirage du fil de fer sans décapage à l'acide.

Appareil de Solms pour commande de distribution dans les machines à vapeur (*fin*).

Figure 4 (1), relations géométriques du mouvement des bielles d'excentriques et des points d'attache des bielles horizontales.

Ayant divisé en douze parties le cercle de l'excentrique et ayant pris douze positions correspondantes de l'extrémité des bielles d'excentrique, on obtient ainsi les douze positions des points d'attache des bielles horizontales et si, comme dans le dessin, celui de la première machine est au n° 1 de l'ellipse *y*', celui de la deuxième sera au n° 4, puisqu'il y a un quart de circonférence ou trois divisions de différence dans la position du centre des excentriques.

Le mouvement des machines étant ainsi arrivé à sa vitesse maximum, si on voulait passer au repos, on amènerait le levier de manœuvre E au milieu du segment II; les rainures conductrices seraient alors dans la direction des centres de l'arbre de manœuvre et de celui des excentriques.

La figure 4 fait bien voir que les points d'attache des bielles horizontales se trouveraient projetés à trois divisions de distance sur l'ellipse *y*' et que, si celui de la première machine était au n° 1, celui de la deuxième serait au n° 4, et par conséquent les deux tiroirs se trouveraient fermés et les deux machines arrêtées.

Si on commandait la marche arrière, il faudrait alors pousser le levier de manœuvre et le fixer, par l'écrou de pression, à l'autre extrémité du segment; le point 1 ne changera pas de position, puisque l'extrémité de la bielle de la première machine se trouve juste au centre de la rainure conductrice, mais le point 4 de l'ellipse *y*" deviendra le point 4 de l'ellipse *y*‴ et le tiroir de la deuxième machine sera tout ouvert pour faire marcher le piston dans une direction inverse du mouvement qu'il avait quand le tiroir était conduit par le point 4 de l'ellipse *y*'.

Pour aller doucement d'un sens ou de l'autre, il suffirait de faire prendre aux rainures conductrices une inclinaison moyenne, relative

(1) Voir chronique de septembre, page 375.

au degré de vitesse demandé, ce que la moindre expérience montrerait de suite.

Les points d'attache décriront des ellipses dont le grand axe serait moins incliné et par conséquent les tiroirs auraient moins de course et démasqueraient des orifices moins grands dans le même temps, ce qui remplace les fonctions des valves modératrices et supprime deux mouvements.

Il est à remarquer que toutes les ellipses décrites par les points d'attache pour les vitesses, depuis celle maximum jusqu'à zéro, ont deux points communs d'intersection, les n[os] 1 et 7, qui précèdent le moment de l'ouverture des tiroirs pour l'entrée de la vapeur, de sorte que la vapeur entre toujours immédiatement après le passage des points morts, quelle que soit la vitesse qu'on veut donner à l'appareil et que la régularisation reste juste.

On peut obtenir instantanément non un changement de direction dans la marche du navire, mais dans celle des machines, qui amène bien vite l'autre, en portant le levier de manœuvre d'une extrémité à l'autre du segment.

On ne risque pas, comme dans cette manœuvre exécutée à la main et séparément pour les deux machines, de produire des réactions fâcheuses, car les machines passent graduellement à des époques différentes par leur point d'arrêt, et les tiroirs ne s'ouvrent que progressivement et jamais tous deux en plein, puisqu'ils conservent leurs positions respectives ; mais, d'ailleurs, il ne manque malheureusement pas d'occasions où la rapidité et l'infaillibilité d'une telle manœuvre ne sont pas de trop pour éviter une avarie grave, quelquefois la perte du bâtiment.

Dans la méthode actuelle, la première de ces deux conditions (la rapidité) ne saurait être obtenue qu'à un certain degré, à cause des préparatifs à faire, de la division des manœuvres et des raisonnements rapides que des machinistes très expérimentés peuvent seuls faire.

La seconde condition (l'infaillibilité) qui est la plus importante, n'existe pas encore.

En effet, en examinant la figure 2 (1), on voit que, pour exécuter le commandement de marche en arrière, il faudrait d'abord embrayer le levier 1, débrayer la bielle d'excentrique 2, fermer ou modérer l'entrée de vapeur et l'injection de l'eau au condenseur, conduire le tiroir à la main, même après le premier mouvement de recul et jusqu'à ce que les taquets fixés sur l'arbre des excentriques viennent pousser ceux-ci dans la nouvelle direction ; embrayer alors la bielle d'excentrique 2, rouvrir les régulateurs de vapeur et d'eau, puis débrayer le levier 1, et tout cela séparément pour les deux machines, avec toutes les chances de temps perdu, d'hésitation et même d'erreurs, qui m'ont été avouées par tous les machinistes de bonne foi.

(1) Voir chronique de septembre, page 374.

Il est bien évident que les deux conditions citées plus haut, rigoureuses pour certains cas, s'obtiennent facilement par le moyen proposé.

En effet, pour la première, il n'y a aucun débrayage de levier ou d'excentriques à faire; il n'est nécessaire de faire aucun raisonnement ni de modérer ou fermer séparément les entrées d'eau ou de vapeur; enfin il ne serait pas possible de se tromper, même dans l'obscurité, puisque, dès que le levier unique de manœuvre céderoit à l'effet, ce ne pourrait être que dans le sens qui donnerait le mouvement commandé.

L'infaillibilité existe donc nécessairement aussi, et il est permis d'ajouter qu'il ne faut pas une grande habitude des machines pour obtenir ces résultats.

Figure 5, moyen de guider l'extrémité des bielles d'excentrique autrement que par des rainures conductrices, mais qui est cependant un corollaire du premier.

Si on suppose un levier *e' m'* parallèle aux bâtis de la machine, mobile à l'entour du point *e'*, qui serait le centre d'un tourillon faisant partie du levier et qui l'attacherait par derrière aux bâtis, que sur ce levier, au point *f'*, soit rapporté un tourillon du côté opposé à l'autre, et que l'extrémité de la bielle *e' f'* soit mobile sur le tourillon *f'*, il est évident que l'extrémité de la bielle d'excentrique décrira l'arc de cercle incliné *h' e' i'*, et que le point d'attache K' décrira une courbe qui se rapprocherait d'autant plus des ellipses précédentes que le rayon *e' f'* serait grand, mais donnant, dans tous les cas, la même avance du tiroir aux points 1 et 7, la position du point de rotation *f'* donnant le sens de marche indiqué par la flèche; quand il serait arrivé en *n'*, on obtiendrait l'arrêt, et en *o'* le mouvement rétrograde.

On voit que la courbe décrite par le point d'attache de la bielle du tiroir ne donne pas une course horizontale égale de chaque côté de la ligne des centres *l' e'*; mais on peut facilement rectifier cette différence en donnant une course totale un peu plus grande qu'avec les rainures conductrices, et la transmettre par une des bielles des tiroirs un peu plus courte que la distance de son point d'attache au centre de l'arbre qu'elle fait osciller.

Pour employer ce mode à une machine seule, le moyen le plus simple serait de faire glisser l'extrémité *m* du levier contre un segment de cercle et de le fixer aux positions convenables, comme dans le premier cas.

Pour deux machines accouplées, on pourrait encore employer ce moyen, en réunissant les extrémités des deux leviers par une traverse, ou bien les terminer par des segments dentés et les mouvoir avec un un arbre transversal aux deux machines et portant un pignon à chacun de ses bouts.

S'il pouvait paraître désirable que la manœuvre se fît sur le pont

sous les yeux de celui qui commande les mouvements, il y aurait beaucoup de manières d'y arriver par tous les moyens ordinaires de transmission de mouvement, parmi lesquels, dans le cas des rainures conductrices, j'indiquerai de préférence, selon moi, un segment denté de petit rayon sur l'arbre de manœuvre et engrenant avec une vis sans fin à double et triple filet, fixée sur un arbre vertical allant de la cale au pont et pouvant recevoir le mouvement à diverses hauteurs par de simples croisillons à branches ou de petits volants à main.

Pour le cas d'un arcle de cercle à centre variable, une tige articulée sur la traverse qui réunirait les leviers et terminée, sur le pont, par une crémaillère mue au moyen d'un pignon et d'une manivelle.

Enfin, après l'application que je viens de décrire au cas le plus compliqué, ce principe étant bien déterminé, il est aisé de voir que l'application aux autres machines à vapeur alternatives n'est qu'une étude de forme subordonnée à la structure particulière de chacune d'elles. »

La lecture de cette description amène à reconnaître que l'auteur n'était pas arrivé à cette combinaison sans une étude minutieuse de la question et des besoins auxquels répondait le mécanisme qu'il proposait. Nous appellerons particulièrement l'attention sur la partie dans laquelle l'inventeur indique la possibilité de marcher à vitesse réduite, en mettant son mécanisme aux points intermédiaires entre la pleine admission et le point mort ; certes, il n'est ici question que de la réduction d'ouverture des lumières et nous n'irons pas jusqu'à prétendre que le brevet de Solms prévoit l'emploi de son mécanisme pour effectuer la détente variable. Mais la coulisse de Stephenson non plus n'avait pas au début pour objet de produire la détente variable, elle n'était destinée qu'au changement de marche, la pratique a fait reconnaître que cet organisme avait un champ plus étendu ; il est infiniment probable que, si le mécanisme de Solms avait eu quelque application, on n'aurait pas tardé à lui reconnaître la même propriété. Quoi qu'il en soit, il est singulier que cette disposition cinématique si ingénieuse soit restée tant d'années ensevelie dans l'oubli le plus complet, alors qu'aujourd'hui elle est fréquemment reproduite avec ou sans modifications et considérée par beaucoup comme préférable à sa rivale de même âge, mais de fortune bien différente.

Dans un article tout récent, le journal *Engineering* définit le système *radial* un système dans lequel le mouvement du tiroir est pris sur un point d'une bielle dont une extrémité décrit une courbe fermée tandis qu'un autre point se déplace suivant une ligne droite ou une courbe ouverte.

Ces systèmes se divisent en deux groupes : les systèmes simples et les systèmes composés.

Dans les premiers, la courbe fermée est un cercle décrit par un bouton de manivelle ou par un excentrique ; dans les seconds, la courbe

fermée est décrite par un point d'une bielle ou tige dont le mouvement est lui-même analogue à celui de la bielle du cas précédent, c'est-à-dire dont un point décrit un cercle ou plus généralement une courbe fermée et un autre point une ligne droite ou une courbe ouverte.

Le système Solms caractérise la première classe et le mécanisme de Hackworth, le plus ancien après lui, et ceux récents de Marshall, Klug, Angstrom etc., n'en sont que la reproduction à peu près textuelle. La seconde classe est une modification de la première dans laquelle le mouvement, suivant la courbe fermée, est produit, non plus par un excentrique, mais par un point de la bielle motrice ou d'une pièce reliée à celle-ci ; on y rencontre un certain nombre de systèmes au nombre desquels figurent ceux de Brown et de Joy, assez employés actuellement.

Dans le premier, le mouvement suivant la courbe ouverte est déterminé par des bielles articulées ; dans le second, il est réglé par une coulisse ; ce sont les deux formes indiquées dans le brevet de Solms. Ces systèmes dérivant de celui-ci en diffèrent comme il a été indiqué plus haut par la manière indirecte ou composée dont est obtenu le déplacement suivant la courbe fermée.

Démolition de vieilles machines par la dynamite. — Une communication de M. J. de Kinder à l'*Engineers Club*, de Philadelphie, donne des renseignements sur l'emploi de la dynamite pour la démolition de vieilles machines.

Il s'agissait d'une vieille machine de Cornouailles servant à l'élévation des eaux et établie à la station hydraulique de Spring Gardens; cette machine, devant être remplacée par des appareils plus modernes qu'on voulait installer dans le même bâtiment, avait été vendue à la ferraille et devait être enlevée dans le plus bref délai.

Les poids étaient considérables, le cylindre à vapeur n'ayant pas moins de $2^m.025$ de diamètre et $3^m,05$ de course. Les pièces les plus difficiles à enlever étaient deux balanciers en fonte pesant 13,500 kilogrammes chacun et clavetés sur un axe commun de $0^m,380$ de diamètre.

Ces balanciers avaient une section en forme de double T, dont la section à l'endroit de l'axe était de 3,260 centimètres carrés et la hauteur de $2^m,135$.

Il était impossible de retirer les clavettes, de sorte qu'on résolut de briser ces balanciers avec de la dynamite.

A cet effet on pratiqua à la hauteur de l'axe une ligne de trous de 25 millimètres de diamètre ne débouchant pas de part en part, mais pratiqués alternativement sur une face et sur l'autre, de manière à déterminer une ligne de moindre résistance. On perça également dans le moyen un trou de 60 millimètres de diamètre et $0^m,380$ de longueur

qu'on chargea d'une livre de dynamite, après quoi le trou fut bouché par une vis laissant un canal pour la fusée d'inflammation.

Le bâtiment avait des murs en pierre de $0^m,65$ d'épaisseur, percés d'ouvertures sur les quatre faces; on enleva les portes et les fenêtres et on mit le feu, il y eut une forte détonation et le balancier fût brisé en deux pièces sans que le bâtiment éprouvât le moindre dommage.

On recommença l'opération sur le second balancier avec le même succès.

On a employé sur chaque balancier 13 heures de main-d'œuvre pour le perçage des trous et la préparation de l'explosion.

Distribution de force motrice par l'eau sous pression. — Nous empruntons à *l'Iron* la note suivante sur la Société de distribution de force motrice établie à Londres sous le nom de *London Hydraulic Power Company*.

Le but de cette Société est de fournir de la force motrice au moyen de conduites placées sous le sol des rues et contenant de l'eau à la pression de 50 kilogrammes par centimètre carré. Il y a environ 32 kilomètres de ces conduites dans la Cité et dans les quartiers de Westminster et de Southwark. La station centrale est à Falcon Wharf, Holland Street, près du pont de Blackfriars. Il y a trois ans que le système fonctionne avec un succès complet. Le nombre des machines auxquelles l'eau est fournie atteint actellement près de 400; on leur livre environ 6,000 mètres cubes d'eau à 50 kilogrammes de pression par semaine. L'eau se paye aux mille gallons à un prix décroissant avec la quantité; le mesurage s'effectue par un compteur à la sortie des machines. L'usage de cette eau sous pression a lieu pour des machines motrices actionnant diverses industries, mais principalement pour des ascenseurs et autres appareils à action intermittente.

La partie la plus intéressante est la station centrale de Falcon Wharf. Cette station comporte quatre jeux de machines compound verticales à condensation par surface. Chacune a un cylindre à haute pression de $0^m,482$ et deux cylindres à basse pression de $0^m,634$ de diamètre et trois pompes à plongeur de $0^m,127$, la course des cylindres à vapeur et des pompes étant de $0^m,610$. Les manivelles sont à 120° les uns des autres, de maniere à régulariser l'effet des pompes.

Chaque machine est calculée pour refouler 1,180 litres d'eau par minute; aux essais on a obtenu 1,350 litres avec une puissance indiquée de 205 chevaux, et une consommation de vapeur en eau mesurée de 9 kilogrammes par cheval indiqué et par heure.

La vapeur est fournie à la pression de 6 kilogrammes par des chaudières en acier, type Lancashire, de $2^m,15$ de diamètre et $8^m,50$ de longueur. Le chauffage se fait par un appareil mécanique alimenté par une tremie; un économiseur de Green est disposé entre les chaudières

et la cheminée pour le chauffage de l'eau d'alimentation. Les appareils de chauffage et l'économiseur sont actionnés par une petite machine Brotherhood marchant avec l'eau sous pression.

Il y a deux accumulateurs dont les plongeurs ont 0m,507 de diamètre et 7 mètres de course. Les communications sont disposées de façon que chaque machine puisse alimenter l'un ou l'autre des accumulateurs et que ceux-ci puissent envoyer l'eau dans tout ou partie des quatre canalisations de 0m,15 qui partent de la station centrale.

L'eau est prise à la Tamise par des tuyaux d'aspiration qui descendent au-dessous du niveau de la marée basse, au moyen de pompes centrifuges actionnées par des machines Brotherhood et refoulée dans des réservoirs placés au-dessus du bâtiment des machines, ces réservoirs ont une capacité de 900 mètres cubes et sont divisés en plusieurs compartiments pour la facilité du nettoyage. Après avoir séjourné dans ces réservoirs pour s'y décanter, l'eau est prise par des tuyaux près de la surface et descend dans de grands filtres placés dans la chambre des machines qu'elle traverse pour arriver à un réservoir placé au-dessus des chaudières et où s'alimentent les pompes de refoulement.

Il y a quatre filtres de 1m,50 de diamètre, contenant deux couches d'éponge de 0m305 d'épaisseur chacune, lesquelles sont comprimées à une pression de 7,000 kilogrammes par une petite presse hydraulique, et de plus une couche de noir animal. Lorsque les éponges ont leurs pores bouchés par les matières solides retenues par la filtration, on les nettoie avec un courant d'eau en faisant en même temps monter le piston de la presse hydraulique qui les comprime en temps de fonctionnement, de manière à reproduire ce qui se passe lorsqu'on lave une éponge dans une cuvette. Les quatre filtres, dont chacun peut fonctionner indépendamment des autres, peuvent filtrer collectivement 1,800 mètres cubes d'eau par vingt-quatre heures.

Les pompes et machines motrices ont été fournies par la *Hydraulic Engineering Company*, de Chester, et les filtres par la *Pulsometer Engineering Company*,

On a établi aussi une station auxiliaire dans Wood Street, Cheapside; cette station comprend deux chaudières, type de locomotive, une machine sans condensation de 40 chevaux et un accumulateur de de 0m,460 de diamètre et 6m,100 de course. Tous ces appareils sont contenus dans un espace de 8m,80 sur 4m,60, et sont au-dessous du niveau de la rue, dans les sous-sols d'un bâtiment dont le reste est affecté à diverses destinations absolument étrangères.

Nous avons cité parmi les principales applications de l'eau sous pression la mise en mouvement des ascenseurs. Dans beaucoup de maisons ces ascenseurs remplacent les escaliers de service ; ils sont établis dans le système équilibré de Ellington et peuvent être manœuvrés sans danger par le premier venu, sans exiger d'employé spécial.

Les portes des divers étages et la mise en train sont reliées par un système d'enclanchement combiné de telle manière qu'on ne peut ouvrir les portes que si la cage est arrêtée et qu'on ne peut mettre celle-ci en mouvement que si les portes sont fermées.

Il y a dans le quartier de Kensington tout un groupe de maisons munies de ces ascenseurs ; l'eau sous pression est fournie par une station centrale où se trouvent deux machines sans condensation avec leurs pompes, réservoirs, accumulateurs et chaudières.

Les ascenseurs du tunnel de la Mersey. — La question traitée ci-dessus nous amène à dire quelques mots des ascenseurs qui desservent le tunnel récemment inauguré sous la Mersey.

Du côté de Liverpool, les rails sont à $28^{m},16$ et du côté de Birkenhead à $31^{m},40$ au-dessous du sol de la rue. Il y avait donc toute nécessité à installer des appareils pour faciliter au public l'accès et la sortie des gares du chemin de fer souterrain.

A chaque station il y a trois ascenseurs indépendants, dont chacun peut recevoir 100 personnes ; l'ascension exige de 30 à 40 secondes ; de sorte qu'on peut en un temps très court évacuer le contenu du train le plus chargé.

Les ascenseurs sont du type à plongeur à action directe ; les plongeurs sont en acier de forme tubulaire, de $0^{m},458$ de diamètre, équilibrés par des contrepoids reliées à des chaines. Les cages ont 6 mètres de longueur sur 5 mètres de largeur et 3 mètres de hauteur, il y a contre les parois des sièges pour 24 personnes.

L'eau motrice vient d'un réservoir de 50 mètres cubes alimenté par des machines à vapeur. Celles-ci sont en triple pour parer à toutes chances d'arrêt.

Les corps de pompe contenant les plongeurs sont en fonte ; ils ont $0^{m},533$ de diamètre intérieur et 30 millimètres d'épaisseur ; ils sont fondus en longueurs de $3^{m},60$, assemblées par des brides et des boulons ; ces corps de pompe sont suspendus dans des puits forés dans le sol sur 1 mètre de diamètre et 25 mètres de profondeur. Comme on l'a vu plus haut, les plongeurs sont formés de tubes en acier doux de 12 millimètres d'épaisseur, assemblés par longueurs de $3^{m},35$ au moyen de bagues vissées à l'intérieur.

L'extrémité inférieure est en fonte en forme de calotte hémisphérique rattachée au support de la cage par une longue tige de 40 millimètres de diamètre placée dans l'axe du plongeur dans toute sa longueur.

Le guidage s'opère par quatre pièces en fonte de $0^{m},50$ de longueur glissant le long de rails à patin dont les champignons ont la forme d'un V ; les chaînes de contre-poids sont en fer de 30 millimètres ; les contre-poids pèsent chacun 3,400 kilogrammes.

Le niveau des réservoirs est à 30 mètres au-dessus de la position la plus élevée du bas des plongeurs. La pression motrice moyenne est donc d'environ 4,5 kilogrammes par centimètre carré. On a préféré n'employer que cette pression relativement faible, parce qu'elle conduisait à donner aux plongeurs un diamètre plus considérable et à les mettre par suite dans des conditions plus favorables pour résister aux efforts latéraux que pourrait causer une inégale répartition de la charge sur le plancher de grande surface des cages. De plus, si on avait employé des accumulateurs, ceux-ci auraient, pour suffire à un débit considérable, dû avoir de grandes dimensions et être chargés de poids très forts.

Les machines, construites par MM. Easton et Anderson, sont à action directe sans mouvement de rotation et ont chacune deux cylindres à vapeur à enveloppes de $0^m,280$ de diamètre et $0^m,508$ de course et deux pompes de $0^m,192$ de diamètre ; ces pompes ont des réservoirs d'air de grande dimension ; le tiroir de chaque cylindre est mû par la tige du piston du cylindre voisin, d'après une disposition bien connue originaire des États-Unis.

Avant d'être livrés à la circulation, ces ascenseurs ont été éprouvés par le général Hutchinson, inspecteur en chef du Board of Trade, sous une charge de 8,600 kilogrammes pour chacun, cette charge étant placée tout entière sur un des côtés de la cage.

Tout l'ensemble des appareils, moteurs compris, a coûté environ 500,000 francs ; le montage complet a été effectué en quatre mois, du commencement de septembre à la fin de décembre 1885.

Étirage du fil de fer sans décapage à l'acide. — On sait que, dans la fabrication du fil de fer, la couche d'oxyde qui se forme à la surface du fer chauffé au rouge doit être détachée au moyen du passage dans un bain d'acide sulfurique étendu, opération qui se répète après chaque recuit. La consommation d'acide est de 25 à 30 kilogrammes par tonne de fil de fer obtenu ; le bain contient 1 à 1.2 d'acide pour 100 d'eau. L'inconvénient de cette méthode n'est pas la dépense d'acide, mais la lenteur du décapage qui exige deux ou trois heures et la gêne que causent les eaux acides provenant de l'opération et dont on a quelque difficulté à se débarrasser.

On a souvent cherché à remplacer le décapage à l'acide par d'autres procédés. Le plus ancien est celui proposé par Betz en 1877, lequel consiste à faire subir au fil de fer des flexions successives dans tous les sens pour briser l'écaille d'oxyde ; cet effet est obtenu par le passage du fil dans des rouleaux à gorge successifs placés à angle droit les uns des autres. Dans le procédé de von Becke on opère par frottement sur le fil, ce qui est efficace mais préjudiciable pour le produit. Une machine américaine de Adt opère une torsion sur le fil en don-

nant aux rouleaux à gorge dans lesquels il passe un mouvement hélicoïdal. Cet appareil donne de bons résultats ; il ne dispense pas absolument de l'emploi de l'acide, mais en économise les neuf dixièmes.

Les procédés Altpeter et Bansen agissent sur la section du fil en la transformant de ronde en ovale, au moyen de cylindres disposés dans le genre de ceux d'un laminoir universel. La déformation de la section n'a pas grand inconvénient, si le fil doit subir un étirage ultérieur, mais ce procédé laisse subsister une partie de l'oxyde.

Wedding a proposé récemment un procédé également mécanique, mais basé sur un autre ordre d'idées ; il étire le fer encore chaud jusqu'à sa limite d'élasticité, en lui faisant subir une tension de 62 à 64 kilogrammes par millimètre carré ; la couche la plus épaisse de l'oxyde tombe, et la couche la plus mince perd son adhérence, de sorte qu'une légère flexion opérée par la machine Adt ou Betz achève le parfait décapage, surtout si cette flexion est combinée avec l'emploi d'eau, tiède de préférence, pour ne pas durcir la superficie du métal. Le recuit s'opère dans un bain de plomb. On a fait remarquer à ce sujet que l'emploi du bain de plomb ne serait pas admissible pour des fils devant subir la galvanisation, parce que les traces de plomb qui pourraient rester sur le fer s'opposeraient ultérieurement à l'adhérence du zinc.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

SEPTEMBRE 1886

Rapport de M. Édouard Simon sur l'**Express-Carde** de M. George Risler.

Cet appareil, destiné à ouvrir et nettoyer toute espèce de coton courte-soie, est amené, à la suite d'essais persévérants, par son auteur, à un état de perfection pratique complète que constate le rapporteur.

Rapport de M. Ed. Collignon sur la **Transmission funiculaire** de M. Raffard.

C'est un nouveau dispositif de transmission entre deux arbres parallèles, dans lequel l'auteur s'est proposé d'équilibrer les efforts exercés sur les tourillons des arbres par l'emploi d'un arbre intermédiaire auxiliaire. La corde de transmission sans fin, en s'enroulant d'une façon déterminée sur les trois poulies à gorge, fait que la roue intermédiaire tourne sans frottement sensible contre son axe et les supports de celui-ci ; de plus, la disposition adoptée ayant pour effet d'augmenter l'étendue des arcs embrassés sur les deux autres poulies, on peut diminuer la tension de la corde. Cet arrangement est employé par la maison Breguet pour la commande de machines électriques tournant à de très grandes vitesses.

Rapport de M. Bardy sur l'**abat-jour à rotation sphérique** de M. Desjardin-Lieux et Mme Ve Pradeau.

Cet appareil a pour but d'incliner dans un sens quelconque l'abat-jour d'une lampe, sans toucher à celle-ci ; à cet effet les griffes qui soutiennent l'abat-jour sur le verre se relient à une partie métallique sphérique qui porte l'abat-jour.

On peut signaler le mode ingénieux de fabrication de la pièce à

surface sphérique ; celle-ci s'obtient d'un cylindre mince en laiton par l'action du choc d'un balancier sur un bouchon de caoutchouc vulcanisé ; ce dernier, fortement comprimé, refoule le laiton contre les parois d'une matrice sphérique et lui donne la forme voulue.

Communication de M. Haton de la Goupillière, sur le **procédé Piccard** pour l'évaporation des dissolutions salines par l'application de forces mécaniques.

Ce procédé a pour but de supprimer presque entièrement le combustible en opérant l'évaporation des dissolutions salines par l'emploi de la force mécanique (1).

Lorsqu'on veut évaporer 1 kilog. d'eau, il faut d'abord lui fournir 100 calories pour le porter à 100 degrés, puis 537 calories pour le réduire en vapeur, ces 637 calories sont perdues par les procédés ordinaires d'évaporation des saumures qui donnent comme produit final du sel solide et de la vapeur d'eau.

Dans le procédé Piccard, une pompe mue par un moteur aspire la vapeur émise par le bain de saumure et la comprime à 2 atmosphères en la surchauffant légèrement ; cette vapeur passe dans un serpentin immergé dans la saumure à 100 degrés. Ce serpentin agit comme un condenseur à surface, la vapeur qui avait 637 calories initiales, plus 26 acquises par la compression, en cède 563 au bain de saumure en passant à l'état d'eau à 100 degrés.

Si maintenant cette eau est envoyée dans un second serpentin plongé dans la saumure froide destinée à l'alimentation de la chaudière d'évaporation, elle lui communiquera la plus grande partie des 100 calories qu'elle renferme encore. On aura donc repris les 637 calories contenues dans la vapeur, plus les 26 qui lui ont été données par la force mécanique. On voit donc que celle-ci n'a pas eu à restituer directement la totalité du calorique, mais seulement une faible partie ; seulement son intervention a eu pour effet de déterminer la récupération des 637 calories qui ont été fournies par une source de chaleur, mais une fois pour toutes, et qui restent ensuite perpétuellement en roulement.

Le procédé Piccard est actuellement employé dans diverses salines en France, en Suisse et en Autriche.

Frictomètre et ressort hydraulique de MM. Émile Petit et H. Fayol. — Le frictomètre est destiné aux essais de frottement ; une partie essentielle est le ressort hydraulique dont le principe est un flotteur susceptible de se mouvoir librement dans un réservoir contenant de l'eau, de sorte qu'il y ait une relation entre les efforts et les positions du flotteur.

(1) Le procédé Piccard était exploité par notre regretté collègue Weibel qui avait grandement contribué à le rendre pratique. A. M.

On obtient ainsi un dynamomètre enregistreur qui peut servir à mesurer le frottement, et à apprécier les diverses questions qui s'y rapportent.

Note sur **l'emploi des traverses métalliques** par M. Kowalski. (*Extrait de la Revue générale des chemins de fer.*)

Production de l'aluminium et de ses dérivés dans le four électrique, par M. E. Combes. (*Traduit du Journal of the Franklin Institute.)*

Le four électrique employé par la Compagnie électrique de Cleveland (Ohio) est une caisse en briques réfractaires de $1^m,50$ sur 0,30 et $0^m,30$ de profondeur; des ouvertures pratiquées dans le couvercle en fonte permettent la sortie des gaz produits pendant l'opération.

Deux énormes charbons de 7 centimètres de longueur amènent le courant électrique produit par une machine dynamo, et qui atteint 1,575 ampères avec une intensité de 46,7 volts. L'étincelle jaillissant entre les électrodes de charbon agit sur les matières mélangées à du charbon et les met en fusion; le métal se réunit à la partie inférieure du four sur une sole en charbon fin. Il y a de nombreuses précautions à prendre pendant l'opération au point de vue de la transmission du courant; on est guidé d'ailleurs par des indicateurs spéciaux.

On prétend que le procédé est très économique et qu'il permettra bientôt de produire l'aluminium au prix de 4 fr. 50 c. à 5 francs le kilogramme, auquel cas il deviendrait à volume égal aussi bon marché que le cuivre, sur lequel ses propriétés spéciales lui assureraient un grand avantage.

Note de M. A. Joly sur un **procédé de préparation de l'acide orthophosphorique** et le titrage des acides phosphorique et arsénique à l'aide de divers indicateurs.

Sur une **substance explosive, dénommée « forcite »**. (*Extrait du Journal d'artillerie russe.)*

La *forcite* est un mélange gélatineux de nitroglycérine avec d'autres substances explosives; cette matière présente un certain nombre d'avantages, parmi lesquels on peut mentionner l'absence d'exsudation, la faculté de supporter les chocs sans explosion et la résistance aux changements de température.

La forcite paraît avoir été inventée par M. John Lewin aux Etats-Unis, vers 1881.

Condensation des fumées par l'électricité statique. (*Extrait de la Nature.)*

M. Lodge, professeur à Liverpool, a remarqué le premier que les

décharges électriques à haute tension par les machines statiques ont la propriété de condenser les poussières ou fumées de toute nature. L'expérience peut se faire facilement avec de la fumée d'amadou ou de tabac. L'application industrielle a été faite sur les poussières de plomb de l'usine Walker, Parker et C[ie].

Rapport de M. VAN RISSELBERGHE au directeur des postes et télégraphes belges sur **des expériences de téléphonie à grandes distances** faites aux Etats-Unis.

Ces remarquables expériences permettent de considérer comme acquis les résultats ci-après :

On a correspondu d'une manière commercialement satisfaisante :

Avec un fil de 2[mm],1 à une distance de 500 kilomètres.

Avec un fil de 2[mm],7 à une distance de 941 kilomètres.

Avec un fil équivalent à 5 millimètres à une distance de 1,625 kilomètres.

Et il paraît certain qu'avec le même fil de 5 millimètres on correspondrait suffisamment bien à 3,250 kilomètres.

On peut en conclure qu'on pourra bientôt correspondre par le téléphone entre toutes les grandes villes de l'Europe, dont la distance extrême est inférieure à 2,800 kilomètres.

Sur la **fabrication de couleurs jaunes**. (*Traduit du Dingler's Polytechnische Journal.*)

Traitement des eaux-vannes, par M. MAXWELL LYTE.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

AOUT-SEPTEMBRE 1886.

Description de **divers appareils concernant l'hygiène appliquée à l'industrie**, inventés par M. S. E. SALADIN et ayant figuré à l'Exposition d'hygiène de Berlin en 1883.

Le premier de ces appareils est un « chasse-poussière » pour cardes, composé de tuyaux en fer-blanc aboutissant à un ventilateur à force centrifuge. Il est employé depuis 1876 sur les 95 cardes de la filature de Breslau.

Le second est un couvercle de sûreté pour volant de batteur, couvercle qu'il est impossible d'ouvrir avant que le volant soit arrêté.

Le numéro 3 est un système de toit pour rez-de-chaussée, avec ventilation réglable au moyen d'une disposition à articulation se manœuvrant facilement d'en bas.

On s'est proposé de rendre la ventilation réglable à volonté et d'éviter l'accès direct de l'air dans les salles, en le faisant arriver en biais vers la pente du plafond où il s'éparpille et se dissémine dans l'atmosphère des salles.

Le numéro 4 est une chambre de bains et de propreté annexée aux ateliers. Elle comprend une baignoire où l'eau est chauffée par un jet de vapeur fourni par les chaudières de l'établissement; ces bains sont, été comme hiver, mis gratuitement à la disposition journalière des 430 ouvriers de l'établissement où ce service fonctionne depuis 1874.

Le modèle nº 5 est une chambre de toilette pour les ouvrières. Elle comprend des cuvettes en zinc enchâssées dans une longue table en bois et des baquets pour les bains de pieds.

Enfin le dernier modèle est celui d'une cabine flottante pour bains de rivière; cette cabine a la forme d'une maisonnette et communique avec la rive par une passerelle; au milieu du plancher est une ouverture rectangulaire où se place une corbeille en lattes destinée à recevoir le baigneur.

Rapport de M. Rich-Berger sur le **régulateur de pression**, système Giroud.

Ce régulateur, ou mieux détendeur, est caractérisé par l'emploi d'une soupape conique qui règle le passage de la vapeur et qui est reliée à deux pistons de diamètres différents, un de chaque côté de la soupape. Ces pistons sont de forme allongée et garnis de cannelures qui les rendent étanches.

Ce rapport donne le résultat d'expériences établissant la fixité de la pression de sortie obtenue dans cet appareil avec des pressions à l'entrée très variables. Il y est joint une note sur le piston à cannelures de M. Deleuil, auquel est empruntée la disposition des pistons du régulateur Giroud. M. Deleuil a appliqué ce piston pour la première fois à une machine pneumatique dès 1865; cette machine a fait l'objet de plusieurs rapports, entre autres un de Regnault à l'Académie des sciences en mars 1865, mais les premiers essais de M. Deleuil remontaient à 1848.

Dans le régulateur Giroud, la hauteur des pistons est de trois à quatre fois le diamètre, et on a trouvé par expérience que la meilleure dimension à donner aux rainures était de 2 1/2 millimètres en hauteur comme en profondeur.

Note sur les **rouleaux en métal blanc**, par M. J. Dépierre.

Rapport de MM. Heilmann-Ducommun et A. Boeringer, sur un mé-

moire de M. Scheuerle relatif à la **machine à teindre les matières textiles**, de MM. Obermeier et C°.

Cet appareil comprend un ensemble d'organes pour effectuer successivement les diverses opérations de teinture, savoir des récipients pour les bains, une pompe pour les faire circuler, une essoreuse pour essorer la matière textile après teinture, et un ventilateur à air chaud pour sécher cette même matière.

Note de M. Risler sur une **grille pour chaudière à vapeur.**

Il s'agit d'une forme de barreau de grille à évidements multiples dont l'avantage est de se conserver très bien, car il paraîtrait qu'une grille de ce système est en service depuis vingt ans chez M. Risler, à Cernay, avec les mêmes barreaux depuis l'origine.

Note sur un **appareil pour empêcher la propagation du feu** par les ouvertures faites dans les murs des ateliers pour le passage des arbres de transmission.

Ce système, inventé par M. Schmelzer à Werdau (Saxe), consiste en une série d'anneaux circulaires, les uns fixes tenant au mur, les autres tournant avec l'arbre, de manière à former des chicanes qui empêchent le passage de la flamme ou des étincelles.

Rapport de M. Ch. Bourcart sur un ouvrage de M. Dr Geering ayant trait au **commerce et à l'industrie à Bâle.**

Rapport sur les **concours de l'Ecole de dessin.**

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Réunions de Saint-Étienne

4 Septembre 1886

Note de M. Piffaut sur un **taquet automatique** pour les voies de plans inclinés.

Ces arrêts ont pour but d'empêcher la chute des berlines pleines lorsqu'on oublie de fermer la barrière destinée à arrêter ces berlines avant l'arrivée au garage qui avoisine le plan incliné ; ils doivent

avoir leur fonctionnement tout à fait indépendant de l'ouvrier qui ouvre et ferme la barrière.

La Compagnie d'Anzin emploie un taquet d'arrêt à bascule qui empêche le recul, tout en laissant passer les berlines allant dans la bonne direction. Il est applicable dans le cas de plans inclinés à chariots porteurs, mais ne l'est plus pour les plans inclinés ordinaires ou pour les voies en tête des plans inclinés où on a à pousser dans le même sens plus d'une benne à la fois, parce que la première passant amènerait le taquet dans la position pour arrêter la seconde.

Communication de M. Lange sur la **mort de M. Gerrard**, Ingénieur aux mines de Rochebelle.

Séance du 2 octobre 1886.

Communication de M. Clermont sur le **transport de la force à grande distance par l'électricité.**

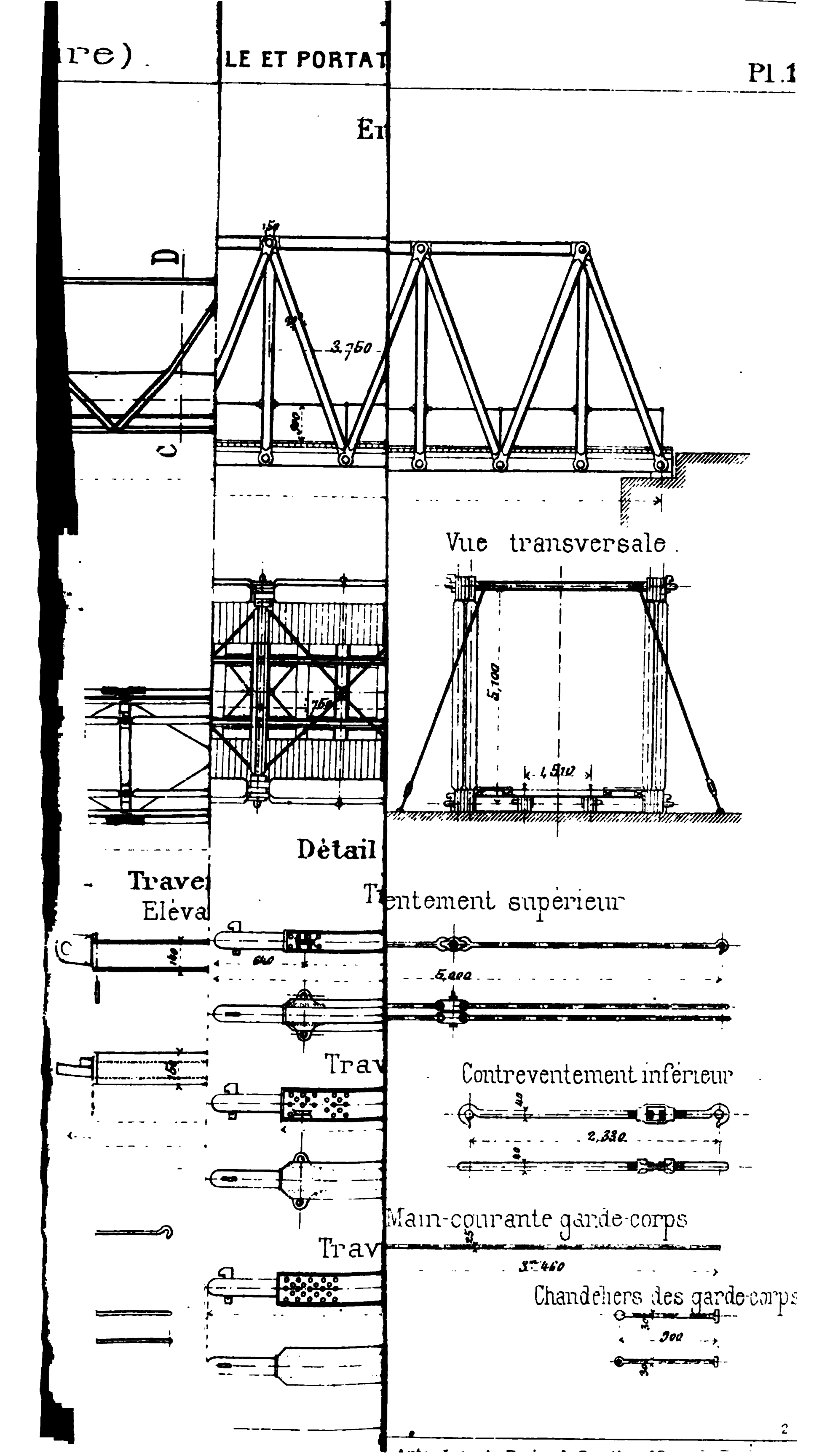
C'est un résumé des divers rapports ou appréciations sur les expériences de transport de force motrice entre Creil et La Chapelle; l'auteur cite notamment la communication faite par M. Cabanellas à la Société des Ingénieurs Civils dans la séance du 19 mars 1886.

Note de M. Danton sur la **combustion des pyrites.**

A l'occasion de la communication faite sur ce sujet par M. Durand à la réunion du 1er mai dernier, M. Danton exprime l'avis qu'il semble résulter de divers faits d'observation, que les incendies survenus dans les mines de pyrites ont pu avoir pour cause première une chute, un choc, dont l'intensité aurait été suffisante pour détruire instantanément la force de cohésion moléculaire de la pyrite cristallisée, produire une chaleur locale équivalente et déterminer, par cela même, le phénomène de la combustion

Note de M. de Place, directeur de la Compagnie de Rochebelle, sur la **mort de M. Gerrard,** Ingénieur aux mines de Rochebelle.

Cette note a pour objet de rectifier une observation émise sur ce sujet dans la séance du 4 septembre, et tendant à incriminer la conduite du chef de poste de la mine.


re).
LE ET PORTAT
Pl.1
En
D
C
3,750
Vue transversale.
5,100
1,510
Détail
Trave
Eleva
Tr entement supérieur
5,000
Tra
Contreventement inférieur
2,330
Main-courante garde-corps
Trav
Chandeliers des garde-corps
900

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 39. — 25 *Septembre* 1886.

Les nouveaux moulins du Weser à Hameln, par C. Arndt.

Ciments. — Projet de réglementation pour l'unification des essais de ciments et de mortiers. — Nouveaux matériaux pour la confection des mortiers. — Ciment de laitiers.

Éclairage électrique par les nouvelles lampes de Siemens et Halske, par R. Brockmann.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Nouvelles recherches sur les laitiers.

Groupe de Hanovre. — Études pratiques sur la construction des machines à vapeur.

Patentes.

Bibliographie. — Annuaire de technologie chimique de Wagner, publié par le Dr Fischer. — Manuel de chimie de R. Wagner, seconde édition revue par le Dr Fischer. — Annuaire de chimie de Biedermann. — Présence du soufre dans les houilles et fabrication de coke exempt de soufre, par le Dr F. Muck.

Correspondance. — La première machine marine à triple expansion.

Variétés. — Lancements et essais de navires.

N° 40. — 2 *Octobre* 1886.

Diagrammes de machines à gaz, par E. Korting.

Groupe de Francfort. — Installation de fabrication de roues Arbel par la Société John Cockerill, à Seraing. — Nouvelles applications des procédés R. Pictet pour la production du froid.

Groupe de Magdebourg. — Séchage des tuiles avant la cuisson.

Groupe de la Haute-Silésie. — Indicateurs et signaux électriques pour puits de mines. — Machines électro-magnétiques pour la lumière par incandescence.

Troisième assemblée générale des directeurs de mines à Dusseldorf, du 2 au 5 septembre 1886. — Résultats des travaux de la commission prussienne du grisou sur l'emploi des explosifs dans les mines, notamment celles à grisou.

Patentes.

N° 41. — 9 *Octobre* 1886.

Machine d'épuisement intérieure construite par la Société des fonderies et ateliers de Wilhelmshütte. — Tiroirs et excentriques pour machines à vapeur à grande vitesse.

Groupe de Hambourg. — Explosion de chaudière à bord du vapeur *Europa.* — Égalisateur de température pour chaudières à vapeur.

Groupe de Westphalie. — Appareil de contrôle pour locomotives et machines d'extraction.

Réunion générale de l'Association technique d'hygiène, les 15 et 16 septembre, à Hanovre. — Règlement pour les vidanges. — Chauffage à vapeur à basse pression. — Construction des plafonds.

Patentes.

Bibliographie. — Encyclopédie des sciences naturelles.

Variétés. — Lancements et essais de navires.

N° 42. — 16 *Octobre* 1886.

Installation des machines et chaudières pour l'éclairage électrique du théâtre royal de Munich.

Expériences sur la précision de la mesure de la vitesse de l'eau par le moulinet de Woltmann, par F. Frese.

Calcul des rouleaux de dilatation pour les ponts métalliques, par L. von Willmann.

Constructions navales. — Emploi des chambres de chauffe closes pour tirage forcé.

Groupe de Cologne. — Législation sur les patentes.

Groupe de Manheim. — Excavateur patente Vollhering et Bernhardt,

Groupe du Rhin inférieur. — Moyens à employer ponr augmenter l'emploi du fer. — Traverses métalliques. — Essais de vaporisation sur les chaudières à tubès de Dürr et Cie, de Rutingen.

Patentes.

Bibliographie. — Introduction à l'étude de la stéréométrie, du Dr Holzmüller.

N° 43. — 23 *Octobre* 1886.

Chemin de fer funiculaire à traction électrique, par le Dr Ruhlmann.

Clapets annulaires pour pompes et machines soufflantes, par F. Waldaestel.

Groupe de Bergues. — Constructions en fer.

Groupe de Hanovre. — Appareils de sûreté contre le manque d'eau dans les chaudières.

Patentes.

Correspondance. — Surveillance des machines pendant la marche.

Variétes. — Lancements et essais de navires.

Le Rédacteur de la Chronique,

A. MALLET.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 23528-6.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

NOVEMBRE 1886.

N° 11

Pendant le mois de novembre la Société a reçu :

De M. Vauthier, membre de la Société, deux exemplaires d'une *Lettre adressée à M. le Président de la commission des chemins de fer;*

De M. Kramer, membre de la Société, une note sur l'*exploitation par l'État des chemins de fer en Autriche;*

De M. Imbert, membre de la Société, député, un exemplaire du *projet de loi sur les mines;*

De M. Delfosse, membre de la Société, un exemplaire d'une *note explicative sur la traverse métallique*, système Paulet;

De MM. Broyet ét Delord, un exemplaire d'un dessin de *traverse métallique*, de leur système;

De M. Olivier Arsène, membre de la Société, deux exemplaires de sa brochure, intitulée : *les Grands Travaux de la Paix, Paris nouveau;*

De M. Delaunay-Belleville, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage, intitulé : *Lois et Règlements concernant les chaudières à vapeur;*

De M. Benoit-Duportail, membre de la Société, des *observations sur l'organisation du Marché du Travail* à l'occasion de la communication de M. Georges Salomon;

De M. Brüll, membre de la Société, un mémoire, sur l'*usine élévatoire de Khatatbeh;*

De M. Boudenoot, membre de la Société, un mémoire sur le *chemin de fer Métropolitain de Paris;*

De M. Maumené, professeur à l'école de Médecine, un exemplaire de ses *Leçons sur la théorie générale de l'action chimique;*

De M. Nordling, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur le *prix de revient des transports par chemin de fer;*

De M. Bandsept, membre de la Société, deux exemplaires de sa note sur son *Nouveau brûleur pour le gaz* (bec tourbillon);

De M. Pablo de Alzola, ingénieur, un exemplaire de son ouvrage intitulé : *Ferro-Carriles de via Ancha y de via Estrecha;*

De M. Corthell, membre de la Société, un exemplaire de sa notice intitulée : *The Atlantic et Pacific Ship-Railway across The Isthmees of Tehuantepec in Mexico.*

De M. Édouard Simon une note sur le *Travail coopératif aux Etats-Unis.*

De M. Leygue, membre de la Société, une note sur le *monument commémoratif de l'Exposition de 1889, tour monumentale en métal, de 250 mètres;* deuxième projet de M. Bourdais.

De M. Tessier, ingénieur, un exemplaire d'un mémoire intitulé : *L'air comprimé, application à la fondation d'un pont avec tablier métallique.*

De M. Maus, directeur général honoraire des Ponts et Chaussées et des Mines en Belgique, deux exemplaires de son projet des *travaux de rectification et d'élargissement du lit de la Senne destinés à empêcher les inondations de cette rivière à Bruxelles.*

De M. Vlasto, membre de la Société, de la part de M. Gorceix, directeur de l'École des Mines de Ouro Preto (Brésil), un exemplaire du *4e fascicule de l'École des Mines.*

De M. Maldant, membre de la Société, un exemplaire de sa *grammaire sur la langue internationale.*

De M. A. Charneau, ingénieur, deux exemplaires de sa brochure intitulée : *Fours de verrerie à bassin continu chauffé au gaz avec accumulateur de chaleur.*

De M. A. Bernard, membre de la Société : 1° un mémoire sur le *problème de la voie entièrement métallique;* 2° un exemplaire d'une note sur la *traverse métallique;* 3° un exemplaire d'une brochure intitulée *Système de voie ferrée, économique, avec rail surhaussé et traverses métalliques;* 4° un exemplaire d'une *Etude comparative des traverses en bois et des traverses métalliques les plus connues.*

De M. Ernest Nibaut, ingénieur civil, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Observations relatives au projet de loi Baïhaut sur les mines.*

De M. Dejardin-Verkinder, député du Nord, deux exemplaires de sa brochure sur le *Projet de loi sur les mines déposé au bureau de la Chambre des députés, le 23 octobre 1886.*

De M. Whitney, une brochure en anglais, intitulée : *Regulations governing the uniform of Commissioned officers, Warrant officers, and enlisted Men of the navy of the United States.*

Les membres nouvellement admis sont :

MM.	BONNAFONT,	présenté par MM.	d'Arcangues, Loustau et Thouin.
	BREGI,	—	Benoit-Duportail, Delannoy et Mallet.
	DIAMANTI,	—	Cerbelaud, Hauet et A. Moreau.
	KOECHLIN,	—	Berthon, Joyant et Deharme.
	PAULY,	—	Casalonga, Fontaine et Personne.
	RAUX,	—	Cerbelaud, Hauet et A. Moreau.
	TRAMBLIN,	—	Chrétien, Fontaine et E. Martin.
	CANDLOT,	—	Billaudot, Brüll et Guérin.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE NOVEMBRE 1886

Séance du 5 Novembre 1886.

PRÉSIDENCE DE M. EIFFEL, VICE-PRÉSIDENT

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 15 octobre est adopté.

M. LE PRÉSIDENT. — Messieurs et chers Collègues. Pour la première fois que j'ai l'honneur de vous présider, j'ai à remplir un pénible devoir.

Notre Président, M. Hersent, vient d'être frappé dans ses plus chères affections. Il vient de perdre, comme vous le savez, son unique fille. après quelques mois d'un mariage qu'entouraient toutes les conditions de bonheur.

Tous ceux qui ont connu Mme Paul Lebaudy conserveront le souvenir de sa grâce et de son charme et sentiront le vide affreux que cause une telle perte dans ses deux familles.

Je suis sûr d'être votre interprète, Messieurs et chers Collègues, en exprimant à notre Président, au nom de la Société, la sympathie profonde et émue que nous apportons au malheur qui le frappe si inopinément, à l'apogée d'une carrière si bien remplie.

Demandons-lui aussi de ne pas se laisser abattre par ce terrible coup et de penser qu'il lui reste des fils, nos camarades de l'École centrale, à guider dans la vie, pour les faire marcher sur ses traces dans la voie du travail et du progrès, et pour honorer, comme il le fait lui-même, la profession d'Ingénieur Civil.

Mais j'ai aussi une autre tâche. que je remplis avec plaisir, c'est

de féliciter nos Collègues, MM. Huguet et Parent, qui viennent d'être appelés à de hautes fonctions dans les chemins de fer de l'État, l'un comme Ingénieur en chef adjoint à la Direction, l'autre comme Ingénieur en chef du matériel et de la traction.

Le mérite de nos deux collègues nous est bien connu, et cela seul suffirait pour nous faire applaudir à ces nominations dues à l'esprit si libéral de M. Baïhaut, et au caractère tout spécial de leur qualité d'Ingénieurs Civils.

Nous devons les considérer pour nous tous comme un succès personnel.

Espérons qu'elles ne resteront pas un fait exceptionnel, aussi bien dans l'administration de l'État qu'au sein des grandes Compagnies. *(Applaudissements.)*

M. le Président annonce le décès de MM. Falguerolle, Gargan, Meliton, M. Weibel et Zeller.

Il rappelle que M. Gargan après une carrière industrielle des plus actives et des mieux remplies avait été choisi comme Président de l'un des groupes de l'Exposition universelle de 1878 et qu'il a longtemps présidé le syndicat des mécaniciens. Sa vie a été tout entière consacrée au travail : il est mort à la peine en laissant de vifs regrets à ses nombreux amis.

Il fait part également de la nomination de M. J.-B. Hersent, fils de notre Président, comme commandeur de l'Ordre du Christ de Portugal.

M. le Président donne la parole à M. Max de Nansouty pour une communication sur le sciage des métaux.

M. Max de Nansouty. — La Société a reçu de notre collègue M. Regnard une note sur le sciage des métaux. L'auteur de cette note, sans revendiquer pour le sciage des métaux en général le mérite d'une absolue nouveauté, s'attache surtout à faire ressortir la généralisation de ce mode de travail, autrefois limité à des emplois artistiques, et la multiplicité des applications industriellement possibles et utiles auxquelles il se prête dorénavent. Comme pour le bois, la scie à métaux revêt trois formes principales, suivant le travail qu'on lui demande ; la *scie circulaire* coupe suivant un plan ; la *scie à ruban* permet le détourage en chantournement suivant une surface cylindrique à directrice quelconque, ou même suivant une surface conique, en inclinant la table de la scie à ruban. Enfin, l'outil qui permet de pratiquer des ouvertures, ou , pour employer le mot technique, de repercer, c'est la *scie alternative*. M. Regnard décrit celles qu'il emploie, et qui sont capables de scier non seulement le zinc et le cuivre, mais le fer, la fonte et l'acier jusqu'à des épaisseurs de plusieurs centimètres. Un progrès amenant toujours d'autres progrès à sa suite, il montre les perfectionnements récents de la sidérurgie comme devant marquer le point de départ d'une notable extension du sciage ; l'homogénéité du métal provenant de lingots est en effet une propriété pré-

cieuse pour la conservation de l'affûtage des scies, affûtage que détruisaient rapidement les tôles fabriquées par les anciens procédés au moyen de paquets réchauffés et soudés au laminoir, à cause des grains durs que ces tôles renferment toujours.

Les applications du sciage des métaux sont tellement variées et nombreuses, quelquefois même si inattendues, que nous ne pouvons entrer dans la voie d'une énumération, même sommaire. Mais nous croyons que toutes les branches de la construction métallique et une quantité d'autres industries peuvent trouver des applications intéressantes et profitables de l'extension des procédés de sciage des métaux, et c'est ce qui nous a conduit à signaler le travail de notre collègue à la meilleure attention des membres de la Société des Ingénieurs Civils. Chacun dans sa spécialité saura y trouver en temps voulu intérêt et profit.

M. Brull donne communication de son mémoire sur l'Usine élévatoire de Khatatbeh.

M. Brull rappelle le remarquable mémoire sur le Nil et l'Egypte que M. Cotard a présenté à la Société en février 1884. Le régime du Nil tend à devenir de plus en plus torrentiel et la surface cultivée va en diminuant; le gouvernement égyptien ne peut songer, pour le moment, à exécuter tout ou partie des grands travaux nécessaires pour rétablir l'ancien état des choses; il doit se borner à sauvegarder, autant que possible, ce qui reste de terres cultivées dans le Delta. (Voir le Mémoire page 554).

M. le Président. — Messieurs, l'attention avec laquelle vous avez écouté la communication que M. Brüll a faite avec son talent habituel prouve l'intérêt que vous y avez pris. Vous venez de le remercier par vos applaudissements; nous y associerons le nom de M. Farcot.

Nous sommes fiers de voir les constructeurs français prendre une telle place à l'étranger, et remporter un si brillant succès dans une œuvre mécanique de cette importance dans laquelle les ingénieurs anglais avaient échoué. C'est surtout quand on est à l'étranger, comme M. Brüll l'a été pendant son voyage, que l'on ressent vivement ce légitime sentiment de fierté et que l'on s'honore d'être le compatriote de constructeurs aussi remarquables et aussi distingués que MM. Farcot. *(Applaudissements.)*

M. le Président donne ensuite la parole à M. Boudenoot pour sa communication sur le Métropolitain de Paris. (Voir le Mémoire page 590).

M. le Président. — Il y a là un travail très complet et des plus intéressants sur le Métropolitain. Je souhaite, moi aussi, qu'il soit le commencement d'une discussion qui sera remise à une prochaine séance.

La séance est levée à onze heures.

Séance du 19 Novembre 1886.

PRÉSIDENCE DE M. HERSENT.

La Séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 5 novembre est adopté.

M. LE PRÉSIDENT. — J'ai le plaisir de vous annoncer que M. Ziégler, Jean-Jacques, vient d'être décoré de la Légion d'honneur.

M. LE SECRÉTAIRE donne lecture de la lettre suivante, adressée à la Société par M. le Président de la Commission exécutive du Congrès des Ingénieurs et Architectes italiens, qui doit avoir lieu à Venise, au mois de septembre 1887 :

« Très illustre Monsieur,

» Au milieu de septembre de l'année prochaine, 1887, aura lieu à Venise le sixième Congrès des Ingénieurs et Architectes italiens. A ce Congrès sont invités MM. les Ingénieurs et Architectes étrangers et la Commission exécutive fait des vœux pour que les excellents collègues étrangers veuillent bien rendre encore plus intéressants les travaux de ce Congrès en lui apportant les fruits de leurs études et les résultats de leur expérience.

» Comme l'intermédiaire de la poste lui permet d'envoyer quelques exemplaires du programme de ce Congrès, nous vous prions de les distribuer à quelques personnes qu'il pourrait intéresser spécialement. Nous réclamons en même temps une attention spéciale sur l'article 7 qui prévient que les dessins et modèles qui seront envoyés trouveront une place convenable dans des salles destinées à cet usage.

» Au printemps prochain s'ouvrira, à Venise, l'Exposition nationale des Beaux-Arts, exposition qui continuera pendant trois mois et qui permettra de voir des œuvres très importantes.

» Nous espérons que, par suite de cette heureuse coïncidence, notre Congrès sera augmenté d'un grand nombre de collègues étrangers et qu'il lui sera donné ainsi plus de relief et d'importance.

» Nous vous envoyons, très illustre Monsieur, nos remerciements anticipés et nous vous prions de recevoir l'expression, etc.

» *Le vice-président*, *Le secrétaire*,

» *Signé* : Dr PAULO. *Signé* : FAIDO. »

M. le Président. — L'ordre du jour porte la communication de M. Gassaud sur la Convention internationale pour la protection de la propriété industrielle et sur *ses effets juridiques* au regard des nationaux et au regard des étrangers.

M. Gassaud. — Messieurs, après les très intéressantes communications de M. Edouard Simon et de M. Emile Bert, faites dans les séances du mois d'octobre dernier, sur la Convention internationale pour la protection de la propriété industrielle, sujet déjà traité dans la séance du 16 octobre de l'année dernière, je ne veux pas retenir longtemps l'attention de la Société.

Mais, il me semble qu'il y a un point particulier qu'on a à peine effleuré : c'est la valeur de la Convention au regard des nationaux.

L'un de nos confrères a dit que la Convention a, en France, la valeur d'une loi, et il a basé son opinion sur ce que la Convention a été votée par les Chambres et promulguée à l'*Officiel*. Cette considération au moins est inexacte; et ce qui aurait pu mettre notre confrère en garde contre cette erreur, c'est que la procédure parlementaire n'est pas la même pour approuver un traité diplomatique et pour adopter une loi.

Pour l'adoption d'une loi, il faut deux lectures, ou au moins une lecture précédée d'une déclaration d'urgence; sans cela, il n'y a pas de loi.

L'approbation des Chambres ne peut pas modifier la nature de l'acte qui est un traité diplomatique, et le Président de la République n'a pas, d'après la Constitution, qualité pour l'approuver de lui-même, il faut qu'il y soit habilité par un vote des Chambres, et ce vote n'intervient que pour sanctionner ou rejeter les préliminaires signés par les plénipotentiaires, qu'elles ne peuvent modifier par voie d'amendement.

Du reste, il y a ici en jeu un principe de droit : c'est qu'un contrat ne peut avoir d'effet qu'à l'égard des personnes qui sont parties dans ce contrat.

Or les nationaux ne peuvent pas être représentés, vis-à-vis de la nation elle-même, par ses plénipotentiaires.

A l'intérieur, il faut considérer le contrat comme fait non pour les nationaux, mais pour les étrangers qui, représentés par leurs plénipotentiaires, ont été parties au contrat; les nationaux pourront, de même, s'en réclamer à l'étranger. Vis-à-vis, en effet, des nations étrangères, la France est représentée par ses plénipotentiaires; vis-à-vis des républicoles, les Chambres seules peuvent la représenter; par conséquent, on ne saurait considérer la Convention comme une loi en France.

Mais comme il serait fâcheux de conserver toutes les rigueurs de la loi de 1844 pour les Français, et de ne l'adoucir que pour les étrangers, quelques personnes ont spécialement étudié la Convention et cherché si l'on ne pourrait pas faire bénéficier les nationaux de ses

avantages. Elles ont trouvé la solution dans l'application de l'article 1121 du Code civil dont je retiens le passage suivant :

« On peut stipuler au profit d'un tiers lorsque telle est la condition » de la stipulation que l'on fait pour soi-même.....»

Il faut donc établir que les étrangers ont intérêt à ce que les républicoles bénéficient des clauses qui peuvent leur être favorables dans la Convention. Cet intérêt existe, parce que la Convention est un traité diplomatique d'une nature spéciale qui a pour but de créer une Union, et l'Union ne tarderait pas à ne plus exister, s'il en était autrement, la Convention étant successivement dénoncée par tous les peuples qui ne voudraient pas voir, chez eux, les étrangers traités plus favorablement qu'eux-mêmes.

On peut dire que les différents pays signataires ont entendu stipuler à la fois pour eux et pour les autres adhérents de l'Union, cette stipulation étant la condition de la stipulation qu'ils ont faite pour eux-mêmes, puisque sans cela l'Union qu'ils cherchaient à former n'existerait pas. Par suite, par application de l'article 1121 précité du Code civil, les Français seraient admis, même en France, à se réclamer de cette Convention.

Quoi qu'il en soit, il faut autant que possible concilier le texte de la Convention avec nos lois intérieures, et sur ce point j'adopterai à peu près complètement la manière de voir de M. Emile Bert, en faisant remarquer toutefois qu'il combine déjà les articles additionnels à la Convention, avec la Convention elle-même et nos lois intérieures; or, ces articles additionnels ne sont pas encore admis chez nous et ne le seront peut-être jamais.

Dans tous les cas, pour les dispositions contradictoires, il est incontestable que les étrangers bénéficieront des dispositions favorables de la Convention, pour les nationaux il y a discussion. On peut admettre que la Convention leur est applicable, mais on n'est pas sûr que la jurisprudence sanctionnera cette manière de voir.

Je crois qu'il est nécessaire que la Convention complétée, quand elle sera approuvée, si toutefois elle l'est, soit votée en même temps qu'une loi, pour laquelle on demanderait l'urgence, de façon qu'il n'y ait plus de doutes. Cette loi spécifierait que la Convention sera applicable même aux Français en France et annulerait les dispositions de lois qui lui sont contraires.

Au point de vue des articles additionnels, je crois qu'il est indispensable que l'article additionnel à l'article 10, c'est-à-dire celui qui permet de faire la fraude d'une façon légale ne soit pas introduit dans la Convention ; il devra être rejeté par le Parlement, dût la Convention être dénoncée. Il me semble que, lorsque les articles additionnels seront présentés aux Chambres, elles devront refuser l'approbation, et inviter le gouvernement à engager de nouveaux

pourparlers, de façon à faire compléter l'article 10 additionnel comme il va être indiqué.

Le deuxième paragraphe est ainsi conçu :

« Il n'y a pas intention frauduleuse dans le cas prévu par le para- » graphe premier de l'article 10 de la Convention, lorsqu'il sera prouvé » que c'est du consentement du fabricant dont le nom se trouve ap- » posé sur les produits importés que cette opposition a été faite ».

Je crois qu'on devrait ajouter :

» Si toutefois la législation du pays d'importation ne s'y oppose pas. »

Nous conserverions ainsi tout le bénéfice de nos lois protectrices, de la bonne foi, et aurions néanmoins à l'étranger les garanties stipulées par la Convention.

Il me parait encore que l'article 5 additionnel n'est pas assez complet et ne donne pas satisfaction aux vœux émis par la plupart des Chambres de Commerce.

Je voudrais qu'on y ajoutât :

« Et dans quelle limite on peut user du droit d'importation. »

On a fait remarquer que, pendant deux années, le droit d'importation est absolu, mais que, au bout de deux ans, il faut se conformer à la législation, telle qu'elle est interprétée par la jurisprudence ; or on ne peut prévoir comment se fixera la jurisprudence et dans quelle limite on pourra introduire les objets brevetés. Il serait bon d'être fixé à ce sujet.

M. Emile Bert a présenté en terminant quelques observations sur le règlement pour l'exécution de la Convention, elles portaient sur le paragraphe IV article 3, ainsi conçu :

« Toute demande tendant à étendre un brevet à d'autres pays de » l'Union devra être accompagnée d'un exemplaire, manuscrit ou im- » primé de la description de l'invention et des dessins (s'il en existe), » tels qu'ils ont été déposés dans le pays où la première demande a » été faite. »

Ce qu'on a dit là-dessus me semble de peu d'importance. Je ne vois nulle part que la demande de brevet dans les divers pays doit être la fidèle traduction de la demande originale; ce que l'on veut c'est qu'il s'agisse *vraiment* de la *même invention*, suivant les paroles de l'honorable délégué de l'Angleterre.

Mais du moment que l'on n'exige pas l'identité des demandes, les observations présentées tombent d'elles-mêmes.

L'inventeur breveté en France, par exemple, pourra, comme par le passé, obtenir en Angleterre une patente provisoire, ou s'il sollicite une patente définitive faire toutes revendications nécessaires d'après les lois anglaises et dont on peut se dispenser en France.

Reste, il est vrai, une augmentation de frais et de formalités pour

l'inventeur : on doit le regretter, mais je ne crois pas qu'on puisse beaucoup insister sur ce point.

M. Assi. — Je désire répondre un mot sur une question personnelle. Notre collègue vient de dire que, dans la communication faite dans la séance du 16 octobre 1885, l'auteur a admis que la Convention du 20 mars 1883 était applicable aux nationaux comme aux étrangers. Dans la séance du 16 octobre 1885, il y a eu, il est vrai, deux communications sur le même sujet, l'une de M. Edouard Simon; l'autre, de M. Genès et moi, faite par ma bouche; mais c'est la nôtre que vise M. Gassaud. Or, il vient de nous dire qu'il croit que nous pensions la Convention applicable aux nationaux comme aux étrangers. Je tiens à déclarer que nous sommes, au contraire, de l'avis que M. Gassaud vient lui-même d'exprimer; nous pensons que la Convention, étant un acte international, n'est pas applicable, en France, aux Français; lorsque la France fait un contrat avec un autre pays, c'est uniquement pour donner un droit en France aux étrangers avec lesquels elle traite, en demandant pour les Français le même droit à l'étranger. Il serait illogique qu'un pays se réunît avec des étrangers, dans le but de faire une loi pour régir ses nationaux sur son propre territoire. Du reste, il y a un principe d'après lequel un contrat n'engage que les parties contractantes ; or, les nationaux ne sont pas partie contractante vis-à-vis de leur gouvernement: par conséquent, la Convention ne peut pas s'appliquer aux Français en France. Nous sommes absolument de l'avis de M. Gassaud là-dessus.

Dans la communication que nous avons faite à la Société, nous n'avons pas discuté la question d'applicabilité.

Mais nous avons publié dans la *Revue de droit commercial, industriel et maritime,* au mois de mars dernier, une étude dans laquelle nous examinons la Convention, article par article, notamment au point de vue en question. Nous avons offert à la Société un tirage à part de cet article; il est à la bibliothèque, et si M. Gassaud veut bien en prendre connaissance, il pourra voir que nous y avons examiné la question dont il parle, et que nous sommes de son avis, en ce qui nous concerne, contrairement à ce qu'il pense.

J'ajouterai que c'est une question sur laquelle on est loin d'être d'accord, car j'ai consulté les personnes les plus autorisées et les plus compétentes dans les questions de droit, j'ai consulté même le président de la Conférence internationale lui-même, et aucune de ces personnes n'a été aussi affirmative que notre collègue. M. Genès et moi, je le répète, pensons toutefois, comme M. Gassaud, que la Convention n'est pas applicable aux nationaux. Il y a là une question très intéressante, qui devrait être tranchée définitivement ; car, si nous avions le temps d'entrer dans le détail, on verrait qu'elle a une influence considérable sur beaucoup d'articles de la Convention.

Je voudrais profiter de ce que j'ai la parole pour répondre un mot

à M. Gassaud, au sujet de la modification qui a été proposée au texte primitif de la Convention, dans la récente Conférence de Rome, et que M. Gassaud appelle l'article additionnel à l'article 10.

Je crois qu'il ne fait pas la distinction qu'il faudrait faire : il n'y a pas *un* article additionnel en deux paragraphes ; il y a deux articles additionnels distincts et qui, même, ne pourront pas être appliqués simultanément, car ils sont inconciliables.

Je dois dire que le texte des résolutions votées par cette Conférence de Rome ne permet pas, à lui seul, de savoir exactement quelle a été la pensée des signataires. Cependant, il semble certain que l'adoption des articles additionnels votés à Rome ne sera pas obligatoire pour tous les États de l'Union uniformément ; ceux-là seulement les adopteront qui le jugeront convenable, et ceux qui ne les accepteront pas n'en continueront pas moins à faire partie de l'Union.

En ce qui concerne spécialement les deux articles additionnels qui nous occupent, voici ce qui est arrivé. Dans l'ancien article 10 adopté en 1883, il fallait, pour qu'on eût le droit de faire saisir à la frontière une marchandise portant comme marque d'origine l'indication d'un lieu d'où elle ne provenait pas réellement, qu'il fût joint à ce faux nom de localité un nom commercial fictif ou emprunté frauduleusement.

Dans la Conférence de Rome, on a proposé de supprimer cette seconde condition; la France et l'Angleterre, notamment, demandaient que les marchandises pussent être saisies, quand il y aurait simplement une fause indication de localité.

Un article additionnel dans ce sens a été adopté ; c'est celui qui porte le n° 1.

A côté de cela, la Belgique demandait, *comme amendement à l'ancien article* qui exigeait, pour permettre de saisir, deux conditions réunies, — la Belgique demandait qu'on ne considérât pas comme une usurpation frauduleuse du nom d'un commerçant, l'emploi qui en serait fait avec son consentement ; c'est-à-dire que dans la demande de la Belgique. M. A., fabricant à Liège, devait être libre de faire fabriquer en Suède et de faire marquer les marchandises de son nom et du nom de sa localité, Liège.

Je condamne, pour ma part, cette manière de voir, parce qu'on ne comprend pas pourquoi il serait loisible à un industriel de prêter son nom pour tromper le public. Mais ce n'est pas de l'excellence ou des inconvénients de cette proposition que je veux m'occuper ; je me propose seulement de faire remarquer ceci :

Cet article additionnel qui dit qu'on échappera aux poursuites en se munissant d'une autorisation de la personne dont on emprunte le nom ne peut évidemment s'appliquer qu'avec l'article 10 ancien où il est question de l'emploi d'un nom commercial ; il est au contraire inconciliable avec l'article additionnel n° 1, qui n'exige plus cette seconde condition pour saisir.

De là semble résulter que les États de l'Union devront opter entre l'article additionnel n° 1, et l'ancien article 10 complété par l'article additionnel n° 2.

Il n'est pas possible aux deux articles additionnels de coexister dans un même pays ; cela est évident.

M. Gassaud. — C'est en effet à la communication de l'an dernier de MM. Assi et Genès que j'ai fait allusion et particulièrement aux paroles de M. Assi qui se trouvent rapportées au Bulletin de la Société — octobre 1885 p. 446. -- Je ne connais pas le travail que notre confrère a publié ailleurs depuis ; il me dit qu'il a modifié son opinion première, je n'ai rien à ajouter. Si je n'ai pas cité son nom dans ma communication, c'est que je voulais combattre une opinion et non les personnes qui la soutiennent ou l'ont soutenue.

Répondant maintenant aux observations de M. Assi je ferai remarquer que si je demande que l'article 10 additionnel soit complété, c'est, comme je l'ai dit, pour conserver en France le bénéfice de nos lois, et cependant avoir à l'étranger la Convention qui nous donnera, au moins, un minimum de garantie.

M. Assi. — Pour avoir incontestablement le droit d'appliquer notre loi, nous n'avons qu'à adopter le premier article additionnel à l'article 10, qui n'exige qu'une seule condition pour saisir. Et je le répète, si nous adoptons cet article, nous ne pourrons pas adopter l'autre.

M. Gassaud. — Si l'on adopte l'article 10 nouveau, il y a un second paragraphe dont il faut tenir compte, et qu'il faut concilier avec le premier; sans cela je ne m'expliquerais pas les paroles de notre représentant, M. Nicolas. Et il me semble que telle doit avoir été la pensée des négociateurs, qui, alors que le vote de la première partie était acquise, ont élaboré la seconde ; en particulier celle du plénipotentiaire anglais qui a fait voter la première partie et néanmoins a ensuite voté la seconde.

M. Assi. — Non, il y a deux articles distincts, et non un article en deux paragraphes. Voici comment il faut lire le protocole officiel :

A l'article 10 : 1er article additionnel ; 2me article additionnel.

Encore une fois, il y a deux articles, et ces articles étant inconciliables, il faut choisir entre les deux.

M. Armengaud. — Je demande à dire deux mots. Je suis entièrement d'accord avec ce que nous a dit tout à l'heure l'auteur de la communication : c'est que cette convention est tout à fait vague, incertaine, et contraire aux intérêts de nos compatriotes, elle se retourne contre nous, Français, qui en avons été les promoteurs. Il ne manquerait plus maintenant que la prochaine Conférence ait lieu non pas à Rome, mais à Pékin, pour que la Convention devînt une véritable chinoiserie.

M. le Président. — Je crois qu'il ressort de tout ce qui a été dit sur ce sujet, non pas que la Convention est une chinoiserie, mais

qu'il faut tâcher de demander à ceux qui sont plus haut que nous, de faire en sorte d'avoir une législation plus claire.

La parole est à M. Edouard Simon, pour sa communication sur le travail coopératif aux Etats-Unis. (Voir le Mémoire page 647).

M. le Président. Je remercie M. Simon de cette très intéressante communication, qui fait surtout ressortir que, aux États-Unis, les gens qui travaillent et exercent le même métier s'associent avec les capitaux qu'ils ont à leur disposition. Il est évident qu'un ouvrier laborieux, qui a quelques petites économies et qui s'associe avec un autre semblable et fait de la participation, a beaucoup de chances de réussir, dans ce cas-là, le succès est à peu près certain. Quand on veut associer le travail avec le désordre, le succès est absolument incertain. Il est évident que ces exemples de participation que vous avez cités démontrent que si le succès a couronné les efforts, c'est que l'ordre et l'économie ont présidé à la direction des affaires. Dans le cas contraire, il y a imprudence de la part des personnes qui engagent leur capital. La participation est à développer et se développe tous les jours en France, en Belgique, en Angleterre, partout en Europe, dans une certaine mesure, et aussi en Amérique, vous venez de nous le dire. Donc, la participation est une bonne chose. Je vous remercie beaucoup de votre communication; ces choses-là sont très intéressantes. C'est seulement avec ces sentiments reposant sur le travail et l'ordre que les nations s'élèvent et que les classes inférieures arrivent à améliorer leur sort.

M. Canovetti a la parole pour sa communication : sur les travaux publics exécutés et à exécuter dans la ville de Naples.

La ville de Naples s'étend sur la plage très étroite, qui se trouve aux pieds d'un ensemble de coteaux dont le point le plus déprimé est à la cote de 35,00.

Le peu d'espace disponible fait que les constructions sont très élevées et dans des rues très étroites, et la pauvreté fait réunir plusieurs familles dans l'espace à peine suffisant à une seule, afin de diminuer la part de loyer afférente à chacune d'elles.

A cet état de choses si déplorable venait s'ajouter, jusqu'à il y a deux ans, l'insuffisance et la mauvaise qualité des eaux.

En effet, Naples n'avait que dix-sept à vingt-cinq mille mètres cubes d'eau potable par vingt-quatre heures, amenée par d'anciens travaux, qui aboutissaient aux puits des habitations, situés à une altitude moyenne.

Les quartiers bas étaient alimentés par des sources et par des puits, puisant dans une nappe aquifère qui se trouvait partout très rapprochée du sol et qui était souillée par les eaux d'infiltration des fosses d'aisances, des puits absorbants, etc.

L'ancien réseau d'égout aboutissait à la mer, dans l'intérieur du port; mais à cause de son insuffisance, du peu de pente et de la pré-

sence des eaux souterraines, ses dernières ramifications fonctionnaient plutôt par absorption que par écoulement.

Ces conditions expliquent suffisamment la mortalité anormale de ces quartiers et les ravages de l'épidémie de 1884.

Cette mortalité a été de 32 à 34 °/₀₀ en moyenne dans les années de 1879 à 1881, tandis qu'elle n'est que de 21 à 24 dans les autres quartiers.

Pendant l'épidémie, elle a été de 21 à 38 °/₀₀ contre 3 dans les autres quartiers.

Mais la mise en service des eaux du Serino a heureusement mis fin à cet état de choses.

La Compagnie qui a exécuté cette magnifique distribution est une filiale de la Compagnie des eaux pour l'étranger, et le projet a été élaboré sous la direction de feu M. Marchand, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Pour traverser la vallée qui sépare Naples du massif montagneux où sont situées les sources, on a posé un siphon renversé de 20 kilomètres de long, ayant sa prise à la pointe extrême du coteau de Cancello, qui avance dans la plaine vers Naples.

Jusqu'à ce point les eaux sont amenées par un tracé autant que possible toujours à flanc de coteau; la longueur totale est d'environ 80 kilomètres.

Les eaux recueillies sont celles des infiltrations souterraines, qui glissent sur une couche imperméable, située à une profondeur de 12 mètres environ du sol.

La zone drainée est d'environ trois hectares.

Les eaux recueillies aboutissent à la cote de 323 dans une chambre de réunion.

Des vannes permettent de l'introduire dans la chambre du départ de l'aqueduc dont la cote est de 321, ou bien de le déverser dans un canal de décharge. La température de l'eau est constante, et d'environ 12 degrés centigrades.

Le tracé général de la conduite à l'air libre est en plan, celui d'un arc tournant sa concavité vers Naples et le profil longitudinal a une pente uniforme de 1/2 pour mille, interrompue par deux chutes verticales. La conduite est toujours sous terre de un mètre au minimum; la section libre est constante et d'environ $2^{m},80$ qui débitent 2^{m3} à la 1″.

La conduite est en galerie sur une longueur de 14 kilomètres et demi. Le souterrain principal a 3,200 mètres et a été exécuté directement par la Compagnie. Tous les autres travaux ont été faits par la Société Vénitienne de Travaux Publics.

Les aqueducs ont une longueur de 1,800 mètres et, pour la traversée de deux vallées rétrécies, on a préféré employer des siphons à cause du peu de résistance que le sol aurait présenté pour des aqueducs. Ces siphons sont constitués, l'un par 3, l'autre par 4 rangées

de tubes en fonte de $0^m,80$ de diamètre, afin d'avoir le débit de 2ᵐ sous la charge d'eau dont on disposait.

Trois chutes, dont deux de 36 mètres environ. rattrapent les $78^m,43$, qui forment l'excédent de pente.

La section de ces chutes reste la même, mais le radier en est en gradins. En tête de ces chutes, on a déjà disposé l'amorce des conduites. qui permettront plus tard de les utiliser comme force motrice.

L'eau amenée à l'extrémité du coteau est de 172,800 m. c. par jour. 100,000 seulement sont amenés à Naples par le grand siphon ; les 72,800 sont perdus pour le moment.

Les cinq cent mille habitants reçoivent donc deux cents litres, en moyenne, mais la disposition topographique de la ville a obligé à en partager la distribution, en service haut et en service moyen et bas.

Le réservoir haut a été placé à la cote de 183 mètres et la prise supérieure du siphon à la cote de $207^m,77$, avec une charge de 25 mètres environ pour les 23 kilomètres environ de son parcours.

Le siphon a $0^m,700$ de diamètre et peut débiter 232 litres à la seconde. Pour débiter les 928 litres restants, il a fallu deux conduites de $0^m,800$. qui arrivent à la cote $93^m,60$ avec une chute de 42 mètres environ sur 19 kilomètres de parcours. La totalité de l'eau amenée à Cancello passe dans la chambre de prise haute, l'excédent arrive à la tête du siphon bas par une des trois chutes à gradins ci-dessus et le surplus dans un canal de décharge. Les trois siphons sont placés dans la vallée, toujours parallèlement, celui de $0^m,700$ étant séparé des deux autres par le massif sur lequel a été placé le chemin de fer de service, qui a amené les tuyaux.

Les deux siphons de $0^m,800$ débouchent dans une chambre, laquelle alimente le réservoir bas par un aqueduc de deux kilomètres de long avec une pente de cinquante par mille.

Cette disposition a permis de réaliser des économies dans la construction.

Le siphon de 0,700 m/m continue sa marche ascendante et, au moyen de nombreux travaux d'art, arrive au réservoir haut.

La vallée étant parcourue par deux grandes lignes de chemin de fer, la voie de service a permis d'envoyer directement les wagons jusqu'à la pose sur $12^{km},5$; le reste a été fait par des wagonets Decauville.

La mise en charge des siphons a été faite au moyen d'une conduite spéciale de $0^m,200$ qui a la même origine que le siphon de 0,700 et est placé à côté de celui-ci, jusqu'au point le plus bas du profil, sur un parcours de $8^{km},5$ environ; l'arrivée de l'eau peut être faite dans un quelconque des trois siphons, et l'air qui est repoussé s'échappe par des soupapes placées à tous les points hauts.

Plusieurs décharges permettent de les vider rapidement. Tous les appareils de manœuvre sont placés dans des chambres en maçonnerie.

Une ligne téléphonique parcourt le tracé des siphons et permet de transmettre les ordres nécessaires à toutes les manœuvres.

Le service des deux petits siphons est fait d'une manière analogue, mais par une conduite de $0^m,150$.

Les deux réservoirs ont été creusés entièrement dans le tuf dont sont constitués les coteaux, en les internant de façon à les soustraire aux changements de température et en revêtant les parois avec un enduit de ciment jusqu'à $0^m,50$ au-dessus du niveau le plus élevé.

Cet enduit a 0^m05 d'épaisseur au fond et $0^m,013$ à sa partie supérieure.

Le réservoir bas, le plus important, est formé de cinq galeries de forme rectangulaire à parois légèrement cintrées et à voûte ovoïde, ayant environ 10 mètres de largeur sur autant de haut, séparées par des pleins de même dimension.

La hauteur de l'eau y est de 8 mètres avec une capacité totale de $80,000^{m^3}$.

Ce service fonctionne admirablement dans tous ses moindres détails.

L'eau est vendue 0 fr. 25 c. par mètre cube aux habitants. L'influence hygiénique de ces travaux s'est fait sentir immédiatement, car aucun cas de choléra ne s'est produit à Naples, malgré la présence de l'épidémie dans les environs. Il y a à noter que celle-ci s'est arrêtée à tous les villages où l'eau du Serino était employée comme boisson, car en attendant une distribution ultérieure, la municipalité fait transporter l'eau trois fois par jour dans des wagons spéciaux, sur tout le parcours du tramway qui va de Naples à Torre del Greco au pied du Vésuve.

Après la grande épidémie de 1884, des mesures spéciales ont été prises pour assurer l'assainissement dans un court espace de temps.

L'ensemble de ces travaux, tous prévus en même temps et se reliant les uns aux autres, forme le projet le plus grandiose.

Une loi spéciale a été votée, qui réduit à moitié le temps nécessaire aux enquêtes pour les expropriations, en même temps qu'elle fixe les évaluations sur la moyenne du revenu déclaré des dix dernières années.

L'Etat fait une avance de fonds par l'émission de rentes, jusqu'à concurrence de cent millions, le service de celle-ci étant assuré par le revenu des octrois de la ville.

La réfection totale d'un nouveau réseau d'égouts, avec un débouché à la mer très éloigné de la ville, a été étudié depuis la dernière épidémie, et le 15 octobre dernier les travaux des grandes artères de ce projet ont été adjugés.

La base du projet est *un tout à l'égout*, à grande dilution de matières par toute l'eau dont on disposait, soit les 200 litres par tête

d'habitant nouvellement amenés, plus celle des autres sources et canalisations que la ville possédait déjà.

A cause de la situation topographique de la ville, il a fallu partager tout le bassin en trois zones distinctes :

Premièrement, la partie haute dont les eaux drainées par un réseau d'égouts secondaires aboutissent à un grand collecteur de $4^{km},5$ de longueur, presque toujours en galerie avec une pente de 1 0/00, qui lui-même est prolongé par un émissaire de $15^{km},5$ avec une pente de 0,66 0/00 amenant les eaux sur la plage de Cuma près des ruines de la ville de ce nom.

Le courant littoral, qui pourrait avoir tendance à ramener ces eaux dans la baie de Naples, devrait leur faire parcourir une distance de 25 kilom. mesurés suivant la corde des deux caps Misène et Coroglio.

On est donc assuré que les eaux n'auront jamais tendance à revenir vers la ville.

Cette plage ayant des dispositions à s'ensabler, l'émissaire est prolongé de 150 mètres à la mer où il débouche à la cote 2 mètres.

La deuxième zone comprend toutes les parties qui ne sont pas tributaires du collecteur haut, mais qui sont encore assez élevées pour que les égouts de cette zone puissent déboucher dans un collecteur bas, prolongé à la mer où il débouche librement après un parcours de 11 kilomètres environ et une pente de 0,75 0/00.

La troisième zone comprend deux quartiers bas dont les eaux pluviales continueront à s'écouler directement à la mer par les égouts existants, mais dont les eaux-vannes et ménagères diluées suffisamment seront drainées par une canalisation spéciale qui aboutira à une installation mécanique qui les élèvera dans le collecteur bas.

Le collecteur bas et le collecteur haut ont un tracé commun sur environ 2 kilomètres de longueur et sont superposés l'un à l'autre. Vers le milieu de cette longueur, ils s'épanouissent chacun dans un réservoir dont les prolongements sont les deux émissaires.

Le radier du réservoir haut est à la cote 12,50, celui du bas à la cote 4,50.

En temps normal et même pendant les pluies ordinaires, des machines à vapeur d'une puissance totale de 300 chevaux, y compris la réserve, et des pompes à pistons plongeurs élèveront toutes les eaux du réservoir bas pour les refouler dans le réservoir haut à une hauteur de 9 mètres y compris les pertes de charge.

Ces réservoirs sont installés dans d'anciennes carrières de tuf, situées à l'extrémité de la ville, et présenteront ainsi de grandes facilités de construction.

Pour traverser le faîte qui forme la pointe de Pausilippe, on a judicieusement profité du tunnel qui vient d'être percé par la Compagnie des tramways pour sa ligne Naples-Pouzzoles, qui a environ 700

mètres de longueur et qui comporte, outre la voie du tramway, deux voies charretières et un trottoir pour piétons.

L'axe des deux émissaires coïncide avec celui de la galerie; à la sortie de celle-ci, l'inférieur se coude pour se diriger à la mer dans l'axe de l'isthme de Pausilippe.

Cet émissaire, qui ne fonctionne pas en temps ordinaire, servira à écouler toutes les eaux d'orage qui arriveront par le collecteur bas et que les machines seraient impuissantes à élever, ainsi que celles que le long émissaire de Cuma ne pourrait recevoir.

A cet effet un déversoir de toute la largeur du réservoir haut les laissera tomber dans le réservoir bas.

Cette décharge plus directe à la mer servira chaque fois que l'on aura besoin d'interrompre le service du grand émissaire.

Malgré cette soupape de sûreté, tout le long des collecteurs haut et bas on a prévu des décharges directes à la mer dans l'intérieur de la ville utilisant pour cela en partie l'ancien réseau d'égouts.

Pour éloigner le débouché des décharges du collecteur bas du port proprement dit on a établi un canal parallèle à la mer qui reçoit leurs eaux et qui les fait déboucher à l'extrémité de la ville.

Pour empêcher les eaux pluviales des coteaux de se déverser dans les réseaux intérieurs, on a préalablement prévu un collecteur spécial des eaux de ces coteaux avec débouché direct à la mer, à l'extrémité ouest de la ville de Naples.

Sauf une grande partie du collecteur bas, tous ces égouts sont en galerie et sont revêtus en maçonnerie de matériaux volcaniques avec enduits en ciment.

Mais dans toutes les parties où l'on rencontrera du tuf compact, ce dernier sera taillé au gabarit intérieur et revêtu simplement d'un enduit.

Le réseau complémentaire d'égouts est à l'étude et l'adjudication de ces travaux doit avoir lieu prochainement et comprendra probablement, les machines, les pompes, les appareils d'assainissement, siphons, etc., du réseau tubulaire.

En même temps que le service hydraulique poursuivait ses études sous la conduite de M. Bruno, ingénieur, qui a également dirigé le service des eaux, les autres services reprenaient l'étude d'un ancien projet qui avait été mis au concours dès l'année 1872. Ce projet consiste dans l'ouverture d'une grande artère allant du centre à la gare située à l'est de la ville. Cette rue se trouve ainsi placée sur la partie la plus basse et malsaine de la ville et celle où la population est la plus dense.

Mais en reprenant ce projet, on l'a considérablement agrandi en portant la largeur de la rue à 25 mètres et poussant les expropriations dans tous les îlots qui se trouvaient ou trop bas ou mal bâtis de façon à transformer complètement ce quartier.

A cette grande artère se relient des rues transversales de douze à quinze mètres divisant les terrains existants en îlots restreints et enveloppés de rues spacieuses.

La population des parties basses est d'environ 180,000 habitants qui se trouvent répartis à raison de 950 habitants par hectare, tandis que Paris n'en a que 265 et Turin, ville régulière et nouvellement bâtie, 340.

Les expropriations vont porter sur 44 hectares environ ayant une population encore plus dense que celle ci-dessus et s'élevant à 53,000 habitants.

La surface des rues actuelles ne figure que pour un sixième de la surface, tandis qu'après les opérations de voirie les terrains à construire n'occuperont plus qu'un peu plus de la moitié de cette surface.

En supposant un nombre d'habitants par hectare égal à celui de la ville de Turin, les nouvelles constructions à y élever pourront recevoir 15,000 habitants.

Il y aura donc 38,000 habitants qui vont se trouver sans habitation; mais en réalité comme aucun d'eux ne pourra réoccuper les immeubles que l'on va bâtir sur ces rues, c'est la presque totalité de la population déplacée qu'il faudra loger dans de nouveaux quartiers.

A cet effet on va créer de nouveaux quartiers qui leur seront destinés.

La dépense totale, déduction faite de la valeur des terrains, a été évaluée à 85,000,000 de francs par l'Ingénieur en chef des travaux de la ville, M. Gianbarba.

Cet ingénieur a proposé d'affecter une partie des nouveaux quartiers à la création d'un quartier industriel proprement dit, où il n'y aurait pas d'habitations mais rien que des usines; les rues seraient à cet effet munies de voies de chemin de fer se raccordant avec celles de la gare.

Les plans parcellaires de ces expropriations ont été déposés à la Mairie pour l'enquête qui vient d'être achevée et qui n'a apporté que quelques légères modifications de détail.

Pendant que la municipalité développait ce double programme, M. l'ingénieur Lops, n'ayant aucune attache officielle, proposait l'agrandissement vers la mer du quartier très central de Sainte-Lucie.

Ce quartier, sans être dans les conditions des quartiers bas, présentait un très grand nombre de rues en impasses et cela à cause de la rapide montée du terrain.

En agrandissant la zone littorale par un quai à la mer, on pourra diviser l'ensemble qui en résultera par des grandes rues.

Les plans de cet ingénieur ayant été déclarés d'utilité publique et ayant subi l'enquête réglementaire en même temps que ceux de la ville, les travaux qu'ils comportent seront adjugés très probablement en même temps que les autres.

Ce quartier étant en grande partie habité par des pêcheurs y ayant leur port, on a pensé, pour ne pas tarir leurs sources de revenu, à aménager des habitations spéciales pour les marins et de nouveaux abris et marchés dans la partie abritée par l'ancien château de l'Œuf.

Parmi les travaux secondaires destinés à avoir une grande influence sur l'avenir de la ville, il faut citer en premier lieu l'ouverture d'une large voie tracée à mi-coteau du côté ouest de la ville et s'y raccordant à ses deux extrémités.

Cette voie presque horizontale a donné la possibilité de construire des maisons et des villas tout le long de son parcours. Mais comme elle se trouve très élevée par rapport à la ville elle n'est accessible aux voitures qu'après de longs détours.

Pour remédier à cela, on est en train d'exécuter un chemin de fer funiculaire qui passera à côté de grands escaliers monumentaux déjà exécutés pour les piétons.

L'extrémité la plus centrale de cette nouvelle voie se raccorde à la grande artère de Naples, la *via* Roma, par une rue très sinueuse et à forte pente où la traction par chevaux des lourdes voitures des tramways aurait été presque impossible et en tout cas dangereuse.

Pour effectuer leur traction mécaniquement on a posé une voie à crémaillère centrale enterrée dans le dallage de la rue.

Cette voie se raccorde à la partie supérieure avec une voie ordinaire qui parcourt toute la nouvelle rue et se raccorde au réseau général des tramways à l'autre extrémité.

Un troisième accès à cette voie sera donné par une halte du chemin de fer de Cuma qui traverse tous ces coteaux par une grande galerie qui se termine à cette halte.

La gare centrale de la ligne de Cuma débouche au centre de la ville au pied d'un coteau.

Le prolongement des quais d'embarquement de la gare et les voies de service se trouvent dans deux galeries parallèles de trois voies chacune, creusées dans la masse du coteau, qui porte à la surface des édifices très considérables et dont l'exécution au milieu de difficultés de toute sorte fait grand honneur à ceux qui l'ont dirigée.

L'allure générale de ce chemin de fer est celle du grand émissaire.

Malgré les grandes difficultés rencontrées par ce tracé, les travaux déjà faits sont une garantie de la possibilité d'exécution de ceux de l'émissaire qui peut rencontrer d'anciennes coulées de laves très dures et des régions à émanations sulfureuses ou de gaz combustibles.

Les quais ont été élargis du côté de la mer, en éloignant ainsi les débouchés actuels des égouts, et élevés à la cote minima de 3m,50 qui sera aussi celle des rues les plus basses des nouveaux quartiers. Des règlements d'hygiène et d'édilité largement compris réglementent les nouvelles constructions et complètent cet ensemble de mesures.

M. le Président remercie M. Canovetti de son intéressante communication.

MÉMOIRE

SUR

LES POMPES CENTRIFUGES FARCOT

DE L'USINE ÉLÉVATOIRE DE KHATATBEH

Par M. BRÜLL

CHAPITRE PREMIER

Irrigation de la province du Béhéra.

La Société a certainement gardé le souvenir du remarquable mémoire que M. Ch. Cotard lui a présenté en février 1884 sur « le Nil et l'Egypte » et dans lequel il disait que la superficie des terres de culture de l'Egypte, actuellement réduite à deux millions et demi d'hectares, avait dû s'élever autrefois à une vingtaine de millions d'hectares, que cet amoindrissement lamentable provenait des transformations naturelles que le fleuve avait subies a travers les siècles et aussi, en quelque mesure, des travaux mal conçus par lesquels les générations successives avaient inconsciemment favorisé l'altération du régime du Nil.

L'auteur ajoutait que le territoire si réduit de l'Egypte actuelle ne luttait qu'à grand'peine contre les nouveaux empiétements du désert et que les conditions de la culture y étaient de plus en plus précaires à mesure que le fleuve devenait plus torrentiel; d'année en année le niveau d'étiage s'abaisse et l'irrigation devient plus difficile, en même temps que les crues augmentent et sont plus dangereuses.

Préserver d'abord ce qui subsiste encore, tel est le besoin qui s'impose impérieusement. M. de la Motte, qui, pendant vingt années, a étudié l'aménagement des eaux du Nil, proposait davantage : il voulait reconstituer, en tant que possible, l'ancien état des choses.

Il proposait d'établir dans le cours de la vallée une série de bassins étagés, permettant de retenir une partie des eaux surabondantes pour les répartir ensuite suivant les besoins pendant les époques de décroissance. Ce plan gigantesque était susceptible d'une exécution fractionnée et progressive et M. de la Motte proposait d'abord l'établissement, à trente kilomètres en aval de la première cataracte d'Assouan, d'un grand barrage pouvant retenir sept millions de mètres cubes d'eau au-dessus de l'altitude de 108 mètres et assurant la culture de 400 000 hectares.

Ces conseils semblent à la fois sages et hardis ; entendus peut-être, ils n'ont pu toutefois être suivis jusqu'à ce jour, non pas que la possibilité de l'exécution ou l'efficacité de la solution fût contestée, mais à cause sans doute des dépenses considérables qu'entraînerait l'adoption de ce vaste programme et en raison surtout des nécessités que la situation actuelle impose à l'administration et auxquelles elle doit parer dès à présent sous peine de voir se consommer la ruine du pays tout entier.

Le gouvernement égyptien a dû se défendre, jusqu'à présent, de toute préoccupation autre que celle des besoins immédiats. Les rapports officiels, après avoir établi la nécessité absolue d'aller au plus pressé en desservant pour le mieux la Basse-Egypte, c'est-à-dire le pays du Caire à la mer, déclarent qu'il faut prendre le Nil tel qu'il est aujourd'hui à l'aval de la cataracte d'Assouan.

Mais ce programme restreint présente lui-même de grandes difficultés. Les meilleures cultures, celle du coton par exemple, exigent des arrosages d'été. On ne peut les obtenir qu'en entretenant un puissant réseau de canaux à faibles pentes qui se ramifient en rigoles innombrables. Or l'eau limoneuse, qui circule lentement dans les canaux, les envase rapidement. Les forces de la population suffisent à peine à en assurer l'approfondissement et le curage. Il faudrait des années pour mettre à sa profondeur normale, à l'aide de nombreuses dragues, toute cette canalisation.

Aussi le gouvernement, tout en organisant sur certains points

des dragages de ce genre, a-t-il dû se résoudre à relever le plan d'eau de ces canaux par une alimentation artificielle au moyen de pompes à vapeur.

Sur les 38 millions de mètres cubes qui coulent par jour dans le Nil dans les plus bas étiages, 5, 7 millions peuvent être fournis sans le secours de la vapeur, 13 millions sont laissés au fleuve pour alimenter ses deux branches de Damiette et de Rosette. Il s'agissait donc d'élever chaque jour, à l'aide de machines à vapeur, pendant 120 à 130 jours chaque année, à une hauteur de 3 *m* à 3,50 *m*, l'énorme volume de 19,3 millions de mètres cubes.

C'est en exécution de ce programme que le gouvernement égyptien, pour assurer l'irrigation de la province du Béhéra, a concédé le 11 mai 1880 l'alimentation par l'eau du Nil, au moyen de machines à vapeur :

1° Du canal Mahmoudieh, à l'Atfeh;

2° Du canal du Khatatbeh, à Khatatbeh.

La carte, fig 1 de la pl. 133, extraite d'une carte de la Basse-Egypte, dressée en 1882 pour l'administration des domaines, montre le tracé de ces deux canaux dans la province du Béhéra. On voit Le Caire au sud de la carte; de là le fleuve coule vers le Nord, puis vers le Nord-Nord-Ouest et, après un parcours d'environ 22 kilomètres, se divise en deux branches, celle de Damiette à l'Est et celle de Rosette à l'Ouest. C'est à cette bifurcation qu'a été construit le grand barrage conçu par Mehemet-Ali et qui devait relever le plan d'eau d'environ 4,50 *m* à l'étiage et assurer ainsi l'alimentation des canaux de la Basse-Egypte. Mais les fondations de cet important ouvrage n'ayant pas été exécutées avec la solidité voulue pour supporter une pareille charge, on ne peut lui imposer qu'une retenue d'eau très faible. A 44 *km* en aval du barrage, sur la rive gauche de la branche de Rosette, se trouve la prise d'eau du canal du Khatatbeh.

Ce canal descend la vallée et marche au Nord le long du Nil, sans en épouser toutefois les nombreux méandres, sur une longueur de près de 80 *km*, puis s'infléchit vers l'Ouest sur 24 *km*, et, après un parcours de 8 *km* au Nord, aboutit au canal Mahmoudieh.

Le Mahmoudieh prend naissance sur le fleuve à l'Atfeh à une cinquantaine de kilomètres de l'embouchure de Rosette, contourne

vers l'Ouest le lac d'Edku et le lac d'Aboukir et dessert d'eau potable la ville et le port d'Alexandrie. Il est relié au canal du Khatatbeh non loin de la ville de Damanhour à 15 *km* environ du Nil et présente une longueur totale d'environ 70 *km*.

La carte donne une idée des nombreux branchements qui se détachent de ces deux canaux, on y voit aussi le tracé des chemins de fer d'Alexandrie au Caire, d'Alexandrie à Rosette et d'Alexandrie vers la Haute-Egypte.

La concession de mai 1880 comportait l'extension et la transformation des installations qui existaient à l'Atfeh et la création, près de Khatatbeh, d'une usine hydraulique nouvelle contenant des machines élévatoires avec pompes aspirantes et foulantes et chaudières, atelier de réparation et d'entretien, logements et magasins pour l'exploitation. Elle comprenait une période de 25 années devant commencer par la campagne de 1881.

Chaque établissement devait élever, pendant toute la saison des basses eaux, 1 million 1/2 de mètres cubes d'eau en 24 heures, du niveau du Nil quelque bas qu'il fût jusqu'à des cotes déterminées.

Les concessionnaires constituèrent en mai 1881, sous la loi égyptienne, la Société anonyme d'irrigation dans le Béhéra dont les statuts furent approuvés aussitôt par l'administration.

CHAPITRE II

Historique de l'usine élévatoire de Khatatbeh.

Nous laisserons maintenant de côté l'usine de l'Atfeh pour nous occuper seulement de celle de Khatatbeh.

La carte locale fig. 2 de la pl. 133 montre la position de cet établissement sur la rive gauche du Nil. On y voit l'ancienne prise d'eau sur le fleuve du canal du Khatatbeh, le canal de l'usine creusé normalement à la rive et dirigé vers le Nord-Ouest. Au Sud figure un autre canal, le Rayah R'Arbi, qui prend naissance à l'amont du grand barrage et devrait alimenter le Khatatbeh. Le chemin de fer de la Haute Egypte court tout à côté des canaux.

Une année après la concession, les engagements souscrits pour

l'alimentation du canal du Khatatbeh n'avaient pu être encore remplis; le gouvernement consentit le 26 mai 1881 à en proroger d'une année l'exécution, moyennant un règlement d'indemnité. L'irrigation devait ainsi fonctionner à un million et demi de mètres cubes par jour à partir de la campagne de 1882.

La Compagnie s'adressa pour l'étude et l'installation mécanique de l'usine élévatoire du Khatatbeh à des constructeurs anglais. Ceux-ci cherchèrent la solution du problème qui leur était posé dans l'emploi des vis d'Archimède. Ils combinèrent une série de dix vis en tôle de 3,69 *m* de diamètre et de 11,23 *m* de longueur, s'alignant parallèlement en travers du canal d'amenée. Chacune de ces vis portait en tête une roue d'engrenage; un arbre de couche, muni de pignons d'angle commandait tout le système. Cet arbre était attaqué à l'une de ses extrémités par trois machines compound à pilon ayant des cylindres de 1,272 *m* et 0,661 *m* de diamètre et 0,763 *m* de course.

La figure 3 de la planche 133 montre la disposition d'ensemble de ce puissant matériel et les constructions faites au Khatatbeh pour le recevoir.

Il convient de faire un rapide examen de ces constructions, parce qu'elles ont dû être utilisées en très grande partie pour l'installation même que nous avons à décrire.

A une centaine de mètres du fleuve, en travers du canal qui présente à cet endroit 38 *m* environ de largeur, s'élève une digue de 54,26 *m* de longueur.

Cette digue a une épaisseur de 5,09 *m* et 11,60 *m* de hauteur au-dessus du radier établi à la cote de 5,05 *m* par rapport au niveau moyen de la Méditerranée. La fondation dans les alluvions se compose de deux rangées de puits ronds presque contigus, ayant chacun 3 *m* de diamètre extérieur, 2 *m* à l'intérieur, 4,05 *m* de hauteur et remplis de béton. Le radier en béton a une épaisseur de 1 *m*.

Ce mur est percé de trois voûtes de 7,10 *m* de largeur et de 2,88 *m* de hauteur sous clef qui donnent accès à l'eau du Nil dans le bassin d'aspiration

Les paliers des tourillons inférieurs des vis hydrauliques reposent sur des poutres en tôlerie assises elles-mêmes sur une rangée de puits bétonnés de 1 *m* de hauteur. Les paliers supérieurs et

les paliers de l'arbre de couche sont posés sur un mur transversal de 4 *m* d'épaisseur et 5,22 *m* de hauteur avec sa fondation formée d'une ligne de puits de 4,30 *m* de diamètre extérieur et 2,50 *m* de hauteur.

Le radier général s'élève en pente des poutres qui supportent les tourillons inférieurs des vis vers le mur sur lequel reposent les tourillons supérieurs et se continue au delà de ce dernier à la cote de 8,25 *m* soit 3,20 *m* plus haut qu'à l'entrée de l'eau.

L'eau de chaque vis s'écoule par une porte de 4 *m* de large pardessus un déversoir dont le seuil est à la cote de 8,70 *m* dans le canal de refoulement qui présente à sa naissance une largeur de 40 *m*. Ce canal, qui fait suite au canal d'amenée, se rétrécit à une trentaine de mètres et va rejoindre, après un parcours d'environ 600 *m* le canal du Khatatbeh.

Deux murs longitudinaux de 1,10 *m* d'épaisseur séparent le bassin d'aspiration en trois parties, desservies chacune par l'une des portes d'amenée.

Sur la rive droite du canal de refoulement, un bâtiment ayant à l'extérieur 21,78 *m* sur 7,27 *m* et dont le sol est à la cote 13,40, abrite les trois machines motrices et sert d'atelier de réparation.

Les générateurs de vapeur sont établis à ciel ouvert auprès de la salle des machines.

Les vis d'Archimède installées en 1882 n'ont pu fonctionner dans des conditions satisfaisantes. Après de longues tentatives, la Compagnie a dû renoncer à élever, à l'aide de cette installation, le cube d'eau qu'elle avait pris l'engagement de fournir. D'importants remaniements ont été appliqués aux trois vis de la chambre centrale que l'on a conservées jusqu'à présent plutôt comme appareils de secours ou de rechange que pour un service régulier.

En janvier 1883, la Société d'irrigation du Béhéra, dans une seconde convention additionnelle à son contrat primitif, promet de présenter, dans un délai de trois mois, de nouveaux jets pour l'établissement dans son usine du Khatatbeh des installations nécessaires pour élever par jour, non plus 1 1/2 million, mais bien 2 1/2 millions de mètres cubes. Moyennant cette promesse, à l'exécution de laquelle le ministère des travaux publics devait tenir la main, le gouvernement porte de 25 ans à 35 ans la durée de la concession et augmente les prix alloués pour les fournitures d'eau.

CHAPITRE III

Concours du Khatatbeh. Projet Farcot.

Dès le 3 novembre 1882, la Compagnie avait ouvert un concours entre plusieurs constructeurs.

Deux projets présentés, l'un par les usines du Creusot, l'autre par la maison Farcot, restèrent seuls en présence et trois ingénieurs de Paris furent chargés par la Compagnie de lui désigner celui qu'elle jugerait préférable. Le projet Farcot, mis en première ligne par le jury, fut accepté par la Compagnie.

Voici les principales indications portées au programme présenté aux concurrents.

L'eau doit être puisée à des hauteurs variables suivant l'état du fleuve, son étiage étant aux plus basses eaux à la cote de 6,50 *m* au-dessus du niveau de la mer, et déversée à une cote variable également, mais qui ne pourra pas dépasser 9,50 *m* au-dessus de la mer.

Les hauteurs d'élévation sont donc très variables : elles oscillent entre 0,50 *m* et 3,00 *m*.

Le débit journalier sera de 2 500 000 m^3 en 23 heures.

La dépense de charbon étant d'une importance toute particulière à cause du prix élevé des combustibles rendus sur les lieux, les machines devront être d'une consommation très économique et la dépense de combustible maxima par cheval et par heure, en eau élevée, devra être garantie par les constructeurs.

On devra se préoccuper avant tout, dans le choix et l'établissement des nouvelles installations, des fondations et maçonneries actuelles dont il faudra tirer le meilleur parti possible.

Les machines actuelles établies à une hauteur insuffisante seraient inondées par une crue un peu forte. On devra donc, dans les installations nouvelles, établir les machines à une cote assez élevée pour les garantir de tout danger d'inondation.

Comme on le voit, les machines à créer devaient satisfaire à quatre conditions principales :

Reposer sur des constructions combinées en vue d'appareils tout différents;

Dépenser peu de combustible pour toutes les valeurs d'un refoulement très variable;

Elever l'eau à des hauteurs très faibles ;

Fournir un débit immense.

Sur ce dernier point qui caractérise à lui seul le problème, il convient de donner une idée nette du chiffre de 2 500 000 m^3 en 23 heures. C'est presque la moitié du débit de la Seine en étiage. Cela donne par heure de quoi fournir 0,65 *m* de hauteur sur toute la surface du jardin des Tuileries. Enfin, ce cube énorme représente à peu près la contenance totale que fourniraient des wagons couverts à marchandises circulant à raison d'un par seconde.

Il est clair que des pompes à piston devraient être très grandes et très nombreuses pour suffire à un pareil débit. Avec une vitesse de piston plongeur de 1,800 *m* par seconde, vitesse qui n'a pas, croyons-nous, été encore dépassée, la somme des sections transversales des plongeurs devrait présenter une surface de 38 m^2 qui ne paraît guère réalisable.

Les pompes rotatives à force centrifuge se prêtent bien par contre à ces débits considérables. Leurs palettes animées d'un mouvement continu alors que celui des plongeurs est alternatif, peuvent recevoir une vitesse deux ou trois fois plus grande sans que le liquide cesse de suivre le mouvement. De plus, ces palettes n'engendrent qu'une seule fois le volume que le plongeur doit développer une fois à l'aspiration et une fois au refoulement.

On peut donc dire que l'énormité du débit demandé imposait le choix des pompes à force centrifuge.

La recherche d'un rendement avantageux jusqu'aux plus faibles hauteurs de refoulement devait d'ailleurs conduire au même type, car on sait que les meilleures pompes à piston, dont les résistances passives, telles que frottement du plongeur et jeu des clapets, comprennent des éléments irréductibles, ne donnent plus que des rendements désastreux quand la hauteur d'élévation s'abaisse au delà d'une certaine limite. Enfin la nature limoneuse des eaux du Nil donnait un motif de plus de préférer la pompe rotative à la pompe à piston.

Les pompes centrifuges tournent assez généralement autour d'un

axe horizontal; mais lorsque l'appareil est d'un fort calibre et que la hauteur de refoulement est très faible, quand le diamètre de la pompe arrive à dépasser cette hauteur, l'inégalité des conditions piézométriques des diverses parties de l'eau en mouvement dans la pompe prend une grande importance. Elle nuit beaucoup au rendement en produisant de violents remous. La verticalité de l'arbre peut seule faire disparaître ce grave inconvénient, en assurant la symétrie autour de l'axe des effets de la gravité et de la force centrifuge.

De plus, quand l'assiette d'un mécanisme peut subir sous l'influence des charges des tassements inégaux, il n'est pas facile de conserver en fonctionnement normal des arbres horizontaux La dénivellation de leur axe peut produire de graves désordres. Il est plus commode dans ce cas de maintenir exactement la position d'un arbre vertical, puisqu'il suffit, lorsqu'un affaissement se produit, de relever un peu l'arbre sur son pivot.

Le débit de 30 m^3 à la seconde, avec un refoulement de 3 m, correspond à un travail de 90 000 kilogrammètres ou 1 200 chevaux. L'importance du travail utile à produire, la condition de pouvoir le faire varier dans une très large mesure, les exigences de l'emplacement, devaient naturellement conduire à composer l'installation de plusieurs pompes.

Le matériel qu'il s'agissait de remplacer présentait le défaut grave de la dépendance des diverses parties qui le composaient. L'arbre de couche unique commandant toutes les vis, et mis en rotation à une extrémité par les machines motrices, ne donnait pas une sécurité convenable. En cas d'échauffement d'un palier, on était obligé d'arrêter une grande partie de l'usine sinon l'établissement tout entier. On trouva à juste raison plus rationnel de composer l'ensemble de parties indépendantes, dont chacune pourrait fonctionner isolément à la vitesse la mieux appropriée et pourrait, pour les besoins de l'entretien ou des réparations, être arrêtée seule sans entraver en rien le service des autres parties de l'outillage.

Ces motifs amenèrent à proposer pour l'usine élévatoire du Khatatbeh cinq pompes à force centrifuge à axe vertical, actionnées chacune par une machine à vapeur.

Les pompes centrifuges tournent d'ordinaire très rapidement.

Le nombre de tours par minute se compte généralement par centaines (1). Dans le cas présent, la faible hauteur d'élévation de l'eau, le désir d'éviter les chances d'accident et de chômage que comportent les grandes vitesses devaient naturellement conduire à l'emploi de vitesses circonférentielles modérées et surtout de vitesses de rotation relativement faibles.

Avec un nombre de tours ainsi réduit, il devenait aisé de commander directement l'arbre de la pompe par la machine motrice et par suite d'éviter les organes de transmission. Par ce moyen, on simplifiait l'ensemble au grand avantage de la sécurité et on diminuait notablement les résistances passives.

Chaque machine élévatoire fut ainsi composée (Fg. 4, Pl. 133 et Fg. 1 Pl. 134) d'une pompe centrifuge donnant pour une hauteur de 3 *m* un débit de 6 mètres cubes à la vitesse de 32 tours par minute, dont l'arbre vertical porte à son extrémité supérieure une manivelle horizontale attaquée par la bielle de la machine à vapeur; la roue à ailettes ou turbine a un diamètre extérieur de 3,800 *m* ; la vitesse à la circonférence pour une élévation à 3 *m* n'est ainsi que de 6,36 *m*.

Trois des cinq machines sont installées dans le bassin Sud-Ouest où se trouvaient quatre vis d'Archimède, et les deux autres aspirent dans le bassin Nord-Est où elles remplacent trois vis. L'installation est ainsi formée de deux groupes séparés par les trois vis conservées dans le bassin du milieu.

Pour utiliser les constructions existantes, les cylindres à vapeur sont établis sur la digue elle-même parallèlement au cours du canal de l'usine. L'axe des cylindres est à la cote 16 et un plancher général est établi à la cote 15. Les hautes eaux n'ayant atteint que 14,60 *m* en 1878, année d'inondation exceptionnelle, on peut considérer les machines à vapeur comme à l'abri de la submersion. La digue qui supporte les machines charge le sol à raison de 2,18 *kg* par cm^2.

Des arcs-boutants de maçonnerie s'appuient d'une part sur la face intérieure de la digue et de l'autre, par une base rectangu-

(1) Ainsi la maison Dumont et Cie de Lille, qui a construit un très grand nombre de pompes centrifuges pour les applications les plus diverses, cite comme fonctionnant très lentement un modèle de pompe fourni à l'administration des Wateringues à Dunkerque pour élever 2,5 m^3 d'eau par seconde à 2,50 *m* de hauteur : cette pompe fait 90 tours par minute, et le disque tournant a 1,80 *m* de diamètre ; cela fait une vitesse circonférentielle de 8,50 *m*.

laire de 6 *m* sur 3 *m* sur la partie inclinée du radier. Ces arcades de 8,30 *m* de portée, construites en béton de ciment portland coulé dans des moules de planches sur des intrados de briques, supportent une poutre armée en tôle et cornières parallèle à la digue. Sur cette poutre vient reposer l'extrémité du bâti de la machine à vapeur. La charge des arcs-boutants sur le radier est de 1,14 *kg* par cm^2.

Le corps de pompe, énorme vaisseau de fonte de près de 7 mètres de diamètre et 3,30 *m* de hauteur, repose sur le radier par six colonnes en fonte de 2 *m* de hauteur à larges bases circulaires de 0,810 *m* de diamètre, munies à leur sommet de vis de réglage qui font de ces colonnes de véritables vérins. L'œillard de la pompe plonge directement dans le bassin où il débouche par un cercle de 3 *m* de diamètre à la cote de 6,10 *m*, soit à 0,40 *m* au-dessous du plus bas étiage indiqué. Le poids de la fonte avec le poids de l'eau s'élève à 40 tonnes environ ; la charge sur le radier est ainsi d'environ 1,28 *kg* par centimètre carré.

Le poids considérable de l'ensemble des pièces rotatives, soit une cinquantaine de tonnes, est porté sur des poutres armées parallèles à la digue et reposant, à raison d'une charge de 1,22 *kg* par centimètre carré, sur la ligne de puits qui servait à supporter les paliers inférieurs des vis d'Archimède.

La conduite de refoulement qui prend naissance sur le canal annulaire du corps de pompe est formée d'abord de deux tuyaux en fonte d'une longueur de 8,20 *m* ensemble. Elle se continue par un conduit en béton de 10 *m* de long qui débouche dans le canal de refoulement après avoir traversé le mur de 4 *m* sur lequel reposent l'arbre de couche et les paliers de tête des vis d'Archimède.

Cette longue conduite, qui s'abaisse d'abord pour se relever ensuite, repose sur le radier qu'elle entame par places.

Telles étaient les dispositions d'ensemble du projet de la maison Farcot. La Compagnie l'accepta pour base du contrat de commande qu'elle passa avec le constructeur le 2 juin 1883.

Ce contrat comporte :

Cinq machines à vapeur motrices à axe vertical ;

Cinq pompes centrifuges à axe vertical ;

Huit chaudières tubulaires de 175 m^2 de surface de chauffe chacune.

Chaque pompe doit être capable d'élever 500 000 m^3 d'eau au minimum en 23 heures à une hauteur variable de 0,50 *m* à 3 *m*.

Pour la hauteur moyenne d'élévation, la consommation par heure et par cheval en eau élevée ne devra pas dépasser 1,750 *kg* de bon charbon anglais. D'importantes indemnités sont mises à la charge du constructeur pour le cas où la consommation dépasserait ce chiffre ; par contre, des primes lui sont allouées en cas d'économie sur la dépense de charbon fixée.

Les délais de livraison sont établis en vue d'assurer le fonctionnement de l'usine pour la campagne de 1885.

CHAPITRE IV

Combinaison hydraulique de la pompe centrifuge.

Une fois ce contrat signé, MM. Farcot avaient à étudier d'une façon définitive le type de pompe centrifuge verticale. Si les machines et les générateurs ne devaient leur causer aucune préoccupation, puisqu'ils n'avaient qu'à appliquer des types longuement éprouvés, il n'en allait pas tout à fait de même pour la pompe. Là, la position verticale de l'axe, les dimensions exceptionnelles, la recherche d'un rendement favorable malgré la variabilité et la faiblesse de la hauteur d'élévation, constituaient pour le constructeur les conditions spéciales d'un problème vraiment nouveau.

L'eau, à peu près immobile dans le bassin d'aspiration et s'écoulant lentement au niveau supérieur, doit prendre, dans les parties fixes et dans les organes tournants d'une pompe centrifuge, de très grandes vitesses. Non seulement le liquide doit passer en un temps très court du repos à un mouvement très rapide et retourner ensuite à peu près à l'immobilité, mais il faut de plus que chaque molécule change de direction bien des fois pendant ce rapide déplacement. L'orifice d'aspiration attirera

d'abord l'eau du bassin vers son centre. Ces vitesses convergentes et presque horizontales devront se changer en un mouvement vertical ascendant dans le conduit d'aspiration. Mais la roue à palettes a un plus grand diamètre que ce conduit, il doit donc se former des filets à peu près horizontaux, rayonnants et divergents. Les palettes entraîneront ensuite l'eau dans leur rotation, elle sera animée dans la turbine et, à sa sortie de celle-ci, dans le conduit annulaire du corps de pompe d'un mouvement giratoire horizontal. Enfin, les filets liquides auront en général à s'éloigner de la pompe et à s'élever pour se rendre à l'orifice de refoulement.

On sait que ces variations nombreuses et considérables de la vitesse des molécules en grandeur et en direction occasionnent des mouvements parasites ou remous et des pertes de puissance vive, c'est-à-dire la transformation d'une partie de l'énergie fournie au fluide en chaleur sensible et aussi en travail élastique du métal de la machine. Et l'importance de ces pertes est d'autant plus grande que ces changements de la grandeur et de la direction des vitesses seront plus brusques, c'est-à-dire devront s'effectuer en moins de temps et dans un parcours plus restreint.

Les constructeurs ont donné à ces principes essentiels toute l'attention qu'ils méritent et nous allons montrer par quelles dispositions savantes ils ont réussi à guider l'eau dans leur pompe de façon à ménager et à adoucir toutes ces transitions dans une mesure qu'on n'avait pas, croyons-nous, réalisée jusqu'ici.

Nous suivrons dans cet examen la marche même du courant dans l'appareil, en nous servant pour cela de la figure 4 planche 133.

Nous avons dit que l'orifice d'introduction était un cercle de 3 *m* de diamètre. Le pavillon s'évase en une lèvre horizontale qui se relève à l'extérieur. Cette embouchure a les formes les mieux appropriées pour boire à la fois tous les filets liquides, qu'ils soient ascendants, horizontaux ou légèrement descendants. Le conduit se rétrécit progressivement sur une hauteur de 0,90 *m*, jusqu'à une gorge de 2,10 *m* de diamètre, en même temps qu'un cône renversé qui se dresse au centre passe du diamètre de 0,30 *m* au diamètre de 0,60 *m*. Le conduit annulaire double ainsi à lui seul, tout en la rendant verticale, la vitesse ascensionnelle qui atteint 1,89 *m* environ dans l'ouïe de la pompe pour le débit normal de 6 m^3. Ce conduit s'évase ensuite légèrement sur 0,06 *m* de hau-

teur. La turbine entoure à cet endroit le courant de l'eau qui commence alors à circuler dans la partie mobile de la pompe.

La turbine (voir Fig. 5 et 6 Pl. 134) a 1,425 *m* de hauteur. L'eau s'y élève, y prend un mouvement de rotation et en même temps s'éloigne de l'axe. Des formes appropriées assurent ces effets divers. La capacité offerte au liquide est un solide de révolution engendré par la rotation autour de l'axe de deux génératrices, l'une intérieure et l'autre extérieure.

Ces deux courbes méridiennes, concaves vers le bas, de forme parabolique, s'élèvent presque verticalement à leur partie inférieure et s'infléchissent jusqu'à l'horizontalité. Elles sont réunies par huit ailettes. L'ailette est hélicoïdale ; elle prend naissance sur le cône de la base inférieure de la turbine par une arête à peu près droite et rayonnante; elle se tord d'environ 60° vers l'arrière et se termine suivant une génératrice du cylindre extérieur qui limite la turbine. Dans les parties voisines de l'axe de rotation, elle se dirige en chaque point suivant la résultante de la vitesse centrifuge et de la vitesse tangentielle ; mais, pour mieux communiquer à l'eau le mouvement de rotation de la turbine et éviter ainsi de donner à celle-ci un surcroît de vitesse par rapport à celle qu'exige la hauteur d'élévation, l'ailette se rapproche peu à peu du rayon et aboutit sous cette direction même au cylindre extérieur. On s'est attaché à augmenter la vitesse giratoire de l'eau suivant une loi parabolique ; cet effet est obtenu par la torsion des ailettes et par le rapprochement vers l'extérieur des deux courbes génératrices de la turbine.

Dès que l'eau, par l'action de la turbine, a acquis au pourtour de celle-ci une vitesse tangentielle suffisante, il ne s'agit plus que d'utiliser le mieux possible sa puissance vive pour vaincre la charge résistante. Il suffit pour cela de diminuer progressivement la vitesse par l'augmentation de la section. Cet effet nécessaire commence dans le canal annulaire de la pompe et se continue dans la conduite de refoulement.

Le canal annulaire a plus de 13 *m* de développement. Il s'ouvre avec une très faible section et cette section se déforme peu à peu en augmentant à la fois en largeur et en hauteur. L'aire s'accroît à peu près proportionnellement à l'angle parcouru, c'est-à-dire au cube d'eau reçu de la turbine. Quant à la forme, on

a cherché à la rapprocher de la forme même que prendrait le courant d'eau ; pour cela on en a arrondi partout le contour auquel on a donné le plus faible périmètre possible et ce contour a reçu la figure que prendrait une lame élastique de longueur appropriée, dont les deux extrémités seraient tangentes aux deux méridiennes de la turbine, c'est-à-dire horizontales. Le canal circulaire se continue par un gros ajutage tangentiel dont le débouché est un cercle de 1,600 *m* de diamètre dans lequel la vitesse du courant doit être de 3,18 *m*.

C'est à cet orifice que prend naissance la conduite de refoulement, d'une longueur totale de 17,80 *m*, dont la section augmente d'abord en restant circulaire, puis continue à s'accroître en changeant de forme pour aboutir à l'orifice de décharge sous la figure d'un rectangle de 2,50 *m* de hauteur sur 4 *m* de largeur. Une portière en bois, tournant autour d'un axe horizontal établi au-dessus du niveau de l'eau, permet de fermer complètement le débouché de la conduite. La vitesse de sortie de l'eau est de 0,60 *m*.

Cette conduite sur la première partie de son parcours (5,50 *m*) s'abaisse de 2 *m* afin de former un siphon qui évite les désamorçages, même après plusieurs heures d'arrêt, puis elle se relève de 2,70 *m* jusqu'à son débouché dans le canal de fuite de l'usine. Lorsqu'il faut amorcer à nouveau une pompe, on se sert d'éjecteurs à vapeur qui en cinq minutes font le plein dans tout l'apareil, en même temps qu'on met la machine en marche. A 1,30 *m* en avant du débouché de la conduite de refoulement, on a pris la précaution de placer une petite cheminée verticale qui empêche toute pression de bas en haut sur le conduit de maçonnerie, particulièrement au moment de la mise en marche de la pompe.

La partie du corps de pompe qui comprend le canal annulaire est terminée en haut et en bas par deux brides circulaires distantes de 1,350 *m* l'une de l'autre. Par la bride inférieure elle se boulonne à une grande cuve conique qui surmonte le conduit d'aspiration et fait corps avec lui. Cette cuve, à laquelle sa forme et son épaisseur assurent une grande résistance, repose sur les six colonnes à vérin et leur transmet le poids du corps de pompe. C'est dans cette cuve conique que tourne la turbine, et entre la paroi intérieure de la cuve et la paroi extérieure de la turbine, il reste un vide annulaire dont la largeur maxima dépasse 0,25 *m*, de sorte

qu'entre la partie inférieure de la roue à ailettes et le fond de la cuve il y a un épais matelas d'eau qui atténue le frottement.

Sur sa bride supérieure le corps de pompe reçoit par un joint à boulons un grand dôme de 0,890 *m* de haut qui porte le boîtard ou palier inférieur de l'arbre de la pompe.

Comme on a pu le voir par ce qui précède, les corps solides même de gros volume qui seraient aspirés par la pompe ne rencontreraient sur leur parcours ni clapets ni étranglements et seraient ainsi facilement entraînés et expulsés par le courant d'eau.

La combinaison hydraulique de cette grande pompe a naturellement demandé de nombreuses études et de longs calculs. Mais, de plus, on ne l'a arrêtée définitivement qu'après plusieurs séries d'expériences pendant lesquelles on a éprouvé successivement les diverses formes auxquelles les études avaient conduit pour les principaux organes de l'appareil.

Ces expériences ont été exécutées de novembre 1883 à mars 1884 sur des spécimens au dixième de la grandeur définitive, qui constituaient déjà par eux-mêmes d'assez grosses pompes. On se proposait surtout de rechercher les valeurs du débit et du rendement de la pompe dans plusieurs conditions de vitesse et de hauteur d'élévation.

Pour parvenir à des déterminations exactes, le travail mécanique fourni à l'arbre de la turbine était mesuré et enregistré par un dynamomètre et le volume d'eau débité était donné par un compteur spécial formé de deux grandes bâches s'emplissant et se vidant alternativement.

Le dynamomètre placé directement sur l'arbre de la pompe est basé sur le même principe que celui du général Morin, c'est-à-dire sur l'élasticité d'un ressort par lequel doit passer l'effort transmis à la pompe. Mais ce ressort se déforme par torsion et non plus par flexion, de sorte que les angles de torsion sont exactement proportionnels aux forces appliquées. L'appareil était du reste taré avec soin au moyen d'un frein de Prony et l'on vérifiait en outre par une marche sans charge, au commencement et à la fin de chaque essai, que le ressort conservait bien le même point de départ.

Le compteur d'eau était composé de deux bâches de très grandes dimensions munies de larges soupapes d'entrée et de sortie. La

soupape d'introduction de la première bâche et la soupape de vidange de la seconde s'ouvraient ensemble et automatiquement par une sorte de déclenchement que mettaient en action les derniers litres d'eau qui achevaient l'emplissage de la seconde bâche. La même manœuvre se produisait en sens inverse dès que la première bâche était chargée à son tour, les choses étant d'ailleurs disposées pour que la vidange fût toujours plus rapide que l'emplissage. De cette manière le cubage n'était jamais interrompu et le débit pendant un temps déterminé se trouvait mesuré par le nombre de bâches vidées pendant cette durée ou, si l'on veut, par le nombre des mouvements des clapets conjugués.

L'angle de torsion du ressort dynamométrique, la vitesse de rotation de la pompe et le débit venaient s'inscrire à la fois et en regard sur une même feuille. Cet enregistrement automatique et multiple, qu'on ne manquait pas de contrôler par des mesures de temps, de vitesse et de force directement relevées pendant les épreuves, fournissait des diagrammes d'une lecture très facile et donnait le rendement de chaque essai par un calcul des plus simples.

Le type de pompe centrifuge, définitivement adopté par la maison Farcot à l'aide de ces expériences, a montré un rendement des plus satisfaisants. Le produit du débit par la hauteur d'élévation s'est élevé à 0,75 et même à 0,80 du travail mécanique communiqué à l'arbre de la pompe. Deux pompes, combinées d'après les mêmes principes pour des hauteurs respectives d'élévation de 2 et de 18 *m*, ont donné sensiblement le même résultat. Le nouveau genre de pompes, qui résout d'une façon si satisfaisante le problème spécial qui avait été posé au constructeur, conviendrait ainsi non moins bien pour des hauteurs de refoulement qu'on ne peut aborder avec les pompes centrifuges ordinaires qu'en sacrifiant beaucoup sur le rendement ou en conjuguant deux pompes.

CHAPITRE V

Combinaison mécanique de la pompe centrifuge.

Maintenant que nous connaissons les organes hydrauliques de la pompe, nous allons en examiner la partie mécanique.

L'axe vertical de la roue à ailettes est l'axe même de l'arbre moteur de la machine à vapeur. Si l'arbre de la pompe avait été continué jusqu'au radier, la crapaudine aurait été immergée et d'un graissage très difficile. Aussi a-t-on eu recours au système Fontaine de pivot hors l'eau qui s'emploie couramment depuis longtemps pour les turbines motrices. L'arbre de la pompe est creux dans sa partie inférieure pour laisser monter jusqu'au-dessus du sommet de la pompe elle-même une colonne ou support fixe en fer, qui repose sur une solide fondation et sur la tête de laquelle se pose la crapaudine. Celle-ci se trouve ainsi établie à la cote 11,20 soit à 1,70 *m* au-dessus du niveau le plus élevé qu'on prévoie pendant la campagne d'irrigation.

Une forte embase de fonte de 1,10 *m* de diamètre est fixée sur la poutre armée disposée en cet endroit. La colonne cylindrique, encastrée dans l'embase, a 0,220 *m* de diamètre et 5,830 *m* de hauteur.

Le bas de cette colonne est entouré par le cône renversé qui occupe le centre de l'œillard d'aspiration. Cette enveloppe de fonte se rétrécit au-dessus du bas de la turbine et vient s'attacher à l'extrémité inférieure de l'arbre creux. Elle tourne en ce point autour du fût cylindrique du support fixe à l'aide d'un manchon à centrage garni de bois dur.

Cette disposition a pour objet d'empêcher toute entrée d'air par le vide de l'arbre creux dans le centre de la pompe où a lieu une aspiration énergique.

La partie inférieure de l'arbre creux a, sur une hauteur de 2,300 *m*., un diamètre extérieur de 0,500 *m* et 0,120 *m* d'épaisseur. Elle porte la turbine formée de deux pièces pesant ensemble 12 200 *kg* par un calage de 0,720 *m* de hauteur.

Au-dessus du moyeu de la turbine l'arbre creux traverse un palier ou boîtard dont le corps est fondu avec le couvercle à son sommet. Ce palier, placé plus haut que le niveau le plus élevé de la période de fonctionnement de l'usine, porte par-dessous un presse-étoupes qui empêche toute entrée d'air dans la pompe ; s'il pénètre un peu d'eau par ce presse-étoupes, cette eau sert de support à l'huile de graissage et en évite la déperdition. Un tube de niveau en verre permet de voir constamment la ligne séparative de l'huile et de l'eau. On peut garnir et serrer ce presse-étoupes en pénétrant dans le couvercle par les trous d'homme ménagés sur cette grande coupole. Le palier est garni en bois de gayac sur 0,500 *m* de hauteur et muni de vis de pression pour le centrage et le rattrapage du jeu produit par l'usure.

A 0,900 *m* au-dessus du palier, sur le sommet de la colonne de fer est fixée une tête cylindrique en fonte de 0,375 *m* de diamètre et $0^{m},450$ de hauteur. Cette tête dont la face supérieure est surmontée d'un grain de bronze phosphoreux à face concave supportant toute la charge tournante, sert aussi à centrer l'arbre creux dont la cavité élargie en ce point est garnie d'une bague en bronze, haute de 0,275 *m*.

Au-dessus de cette bague, l'arbre extérieur de fonte se sépare sur 0,960 *m* de hauteur, en deux branches de section rectangulaire distantes de 0,600 *m*, qui se rejoignent ensuite et laissent entre elles un grand évidement parallélipipédique ouvert sur deux faces opposées dans lequel s'établissent les grains et les autres pièces du pivot.

La tête de l'arbre creux, au-dessus de l'évidement rectangulaire est cylindrique et forme un tourillon de 0,630 *m* de haut et 0,550 *m*, de diamètre qui roule dans un énorme palier graisseur muni par-dessous d'un presse-étoupes et boulonné par l'une de ses faces verticales sur la poutre armée en forme de I qui est établie parallèlement à la digue sur les arcs-boutants en béton. Ce tourillon est creux et présente au centre un logement fileté au pas de 44 *mm*. de 400 *mm* de diamètre et de 550 *mm* de longueur dans lequel vient se visser l'extrémité inférieure de l'arbre de la machine à vapeur. Cet important assemblage a été serré à l'usine de Saint-Ouen jusqu'à ce que l'embase de l'arbre en fer portât contre l'about de l'arbre creux en fonte avec une force plus grande que celle que pourra

produire l'action de la vapeur sur le piston de la machine motrice. Une broche juste traversant le tout empêche de plus le desserrage.

Au-dessous de cet assemblage à vis, le creux circulaire de la tête de l'arbre est alésé jusqu'à l'évidement rectangulaire et reçoit une vis de 0,250 *m* de diamètre et de 0,400 *m* de longueur. Un écrou de bronze dans l'évidement permet d'élever ou d'abaisser cette vis par rapport à l'arbre creux, de façon qu'en cas de tassement ou après usure des grains du pivot, on puisse en tout temps régler, jusqu'à concurrence d'un mouvement total de 100 *mm*, la position de l'arbre et par suite celle de la turbine par rapport aux pièces fixes en regard desquelles elle tourne.

Sous l'about inférieur de cette vis se fixe le grain supérieur du pivot en bronze phosphoreux dont la face inférieure est concave.

Entre ce grain qui tourne à la vitesse normale de 34 tours à la minute et celui qui surmonte la colonne en fer et qui est immobile, il y avait d'abord trois grains libres dont deux étaient des lentilles biconvexes en acier trempé, et le troisième, compris entre les deux premiers, une lentille biconcave en bronze phosphoreux. Ces trois grains qui ne sont attachés ni au support fixe ni à l'arbre tournant étaient destinés soit à se relayer en cas d'inégalité et de variation dans les frottements qui s'exerçaient aux quatre contacts successifs, soit, en cas d'égalité dans ces frottements, à se partager le travail résistant. Il est clair, en effet, que dans cette seconde hypothèse, le grain inférieur n'aurait qu'un quart de la vitesse de rotation de la pompe, le grain moyen aurait la moitié et le grain supérieur les trois quarts de cette vitesse, de sorte que la vitesse relative du roulement aux quatre surfaces de frottement ne serait que le quart de la vitesse de l'arbre.

Bien que les surfaces de contact soient d'une forme appropriée pour produire le centrage et éviter le déversement des grains libres, on a pris cependant la précaution d'entourer les cinq lentilles d'une bague en bronze de 300 *mm* de hauteur.

Le diamètre des grains d'acier et de bronze est de 220 *mm* ; cela ferait une section de 380 cm^2, mais en tenant compte de la surface occupée par les conduits de graissage, on trouve que le poids tournant évalué à 50 tonnes charge les grains à raison de 160 kilogrammes par centimètre carré.

Peut-être un pivot à cannelures qui eût permis de réduire dans telle mesure qu'on l'aurait désiré la pression par unité de surface, comme on le fait dans les paliers de butée des arbres d'hélice, eût-il constitué une bonne solution ?

Mais, comme le programme de la construction obligeait à diminuer le travail résistant du frottement, on a préféré concentrer ces frottements le plus près possible de l'axe pour réduire au minimum le chemin parcouru qui est un des facteurs du travail. Le pivot à cannelures aurait augmenté ce chemin dans une importante proportion.

D'ailleurs la disposition du pivot à grains ressemble fort à celle que l'on applique communément pour les pivots hors l'eau des turbines hydrauliques, et la pression de 160 kilogr. par centimètre carré est souvent dépassée sans inconvénient dans ces installations.

Il est vrai que dans le cas dont il s'agit ici, outre les difficultés que pouvaient amener pour le graissage la température élevée du pays et l'introduction possible dans les organes frottants du sable fin du désert, un autre motif encore devait donner des appréhensions au constructeur. Le grand diamètre du pivot, qui distinguait l'installation à créer de celles qu'on allait imiter, constituait en effet une grave difficulté. La chaleur engendrée par le frottement serait considérable; elle ne se dégagerait pas aisément au dehors depuis l'axe du pivot, à travers la masse de métal, par la surface extérieure des organes, car cette surface serait nécessairement moins grande proportionnellement à la quantité de chaleur produite que dans un pivot plus petit et moins chargé. MM. Farcot n'ont pas manqué de faire ces réflexions fort naturelles, mais c'est là une question sur laquelle l'expérience manque et avec elle les faits et les chiffres certains, auxquels on aime à faire appel dans les applications industrielles de la science.

Toujours est-il qu'on entoura les grains d'une boîte annulaire. dans laquelle circulait un courant d'eau froide et que cette disposition ne répondit qu'imparfaitement à l'attente. Il fallut, à la suite d'essais spéciaux, améliorer les moyens de graissage et de refroidissement du pivot.

Cet important organe, qui fonctionne maintenant très bien, a été combiné de manière que les parties frottantes soient constam-

ment lavées par un courant d'huile refoulé par une pompe avec une force assez grande pour chasser tout corps étranger et maintenir les conduits toujours libres. La chaleur que le corps gras prend à la masse de métal lui est enlevée dans un réfrigérant tubulaire, desservi par un courant d'eau continu, et cette nouvelle combinaison est tellement efficace qu'on n'emploie plus en marche normale, comme eau réfrigérante, que l'eau tiède sortant du condenseur de la machine.

Les Figures 2, 3 et 4 Pl. 134 montrent les principales parties de ce dispositif. On voit qu'au lieu de cinq grains, on n'en met plus que trois ; le grain fixe du bas est en bronze phosphoreux et sa face supérieure est concave ; le grain supérieur, de même métal, assemblé sous la vis du pivot, est concave en dessous. Le grain libre placé entre les deux est une lentille biconvexe en acier dur et trempé.

Les trois grains (Fig. 7, 8 et 9, Pl. 134) sont percés suivant leur axe d'un trou rond de 26 *mm* ; sur chacune des quatre faces frottantes, quatre conduits de graissage tracés en croix, rayonnent de l'orifice central à la circonférence et quatre autres creusures partageant chaque angle droit en deux parties égales, vont de la circonférence jusqu'au milieu du rayon. La bague en bronze qui entoure les lentilles est ajourée de nombreux trous.

Toutes ces pièces sont plongées dans un bassin rond où s'écoule l'huile qui a circulé entre les surfaces frottantes. Une pompe rotative est fixée dans l'évidement de l'arbre en fonte. L'axe de cette pompe porte un petit pignon qui reçoit un mouvement planétaire d'une roue dentée fixe, calée sur la tête de la colonne. La petite pompe (par prudence on en a mis deux semblables) puise l'huile dans le bassin et la refoule au sommet du trou central des grains à travers un faisceau tubulaire composé de 153 tubes en laiton étamé de 600 *mm* de long, 30 *mm* de diamètre, et 1 *mm* d'épaisseur. Ces tubes sont placés dans une caisse parallélipipédique en fonte munie d'un orifice d'introduction et d'un orifice de sortie pour l'eau réfrigérante. L'huile ainsi refroidie et lancée en tête du réseau des conduits de graissage, le parcourt rapidement et produit à la fois la lubrification, le nettoyage et le rafraîchissement des pièces frottantes.

Nous n'entrerons pas ici dans le détail des procédés d'exécution

qu'à employés la maison Farcot pour réaliser la construction des puissantes pompes qui viennent d'être décrites. Nous voudrions cependant appeler un instant l'attention sur le mode ingénieux de moulage qu'il a fallu combiner pour obtenir le canal annulaire de forme spirale, de hauteur et de largeur croissantes, qui reçoit l'eau de la turbine et la conduit au canal de refoulement.

Ce conduit a été troussé avec un appareil ordinaire, auquel on a fait les additions nécessaires pour obtenir avec exactitude et sans l'intervention du mouleur, la variabilité de la section transversale indiquée Fig. 4 Pl. 135 en même temps que le tracé d'ensemble en spirale. Le croquis (Fig. 2 et 3 Pl. 135) donnent une idée du procédé.

Sous le bras horizontal A qui tourne à la manière ordinaire autour de l'axe vertical B, on a installé une tringle C qui coulisse dans le bras A suivant son axe.

Cette tringle porte à son extrémité un gabarit fixe DE. Au bas de ce gabarit est encastrée une lame flexible d'acier trempé dont l'autre extrémité est fixée à un coulisseau G H, pouvant se déplacer longitudinalement par rapport au bras A. La lame d'acier prend la forme d'une élastique E F G. En E, la tangente à cette courbe est commune à la lame et au gabarit fixe DE ; en G, la lame EFG est fixée de façon à ce que sa tangente en ce point ait l'inclinaison voulue.

C'est la combinaison du déplacement angulaire du bras trousseur A, du mouvement rectiligne suivant des rayons de la tringle C et du coulissement de la lame flexible qui déterminent le tracé du conduit.

La tringle C est terminée, du côté de l'axe de rotation, par un bouton L ; de même, la lame porte à son extrémité un petit manneton H. Ces saillies sont engagées librement dans des rainures spéciales de forme appropriée.

Lorsque le bras A tourne, le bouton L en suivant la rainure M, augmente la saillie de cette tringle proportionnellement aux espaces angulaires parcourus. Le gabarit DE trace donc une spirale. Simultanément, le bouton H, en glissant dans le guide N, fait sortir la lame E F G de longueurs déterminant les passages d'eau progressivement croissant et nécessaires en chaque point du canal circulaire. Par suite de son augmentation de longueur libre, la

lame prend des formes de plus en plus creuses. Le gabarit D E détermine la partie de la section transversale qui est invariable en hauteur pendant que la lame flexible en trace la partie variable. Il suffit de renverser les deux guides des mannetons H et L pour procéder de même au troussage du châssis supérieur.

CHAPITRE VI

La machine à vapeur à arbre vertical.

Immédiatement au-dessus de l'assemblage à vis qui réunit l'arbre en fonte de la pompe à l'arbre en fer de la machine à vapeur, ce dernier reçoit sur une portée de calage de 500 *mm* de diamètre et de 700 *mm* de longueur, le volant horizontal de 6,800 *m* de diamètre, du poids de 22 tonnes, fondu en deux pièces. Ce volant régularise la vitesse angulaire de l'arbre malgré la variation du mouvement moteur dans une mesure suffisante pour que pendant un tour entier pour la marche à 34 tours, le mouvement de la pompe ne subisse pas de changements de vitesse de plus de 3 0/0 de part et d'autre de la valeur moyenne.

L'arbre se continue ensuite vers le haut, porte l'excentrique de distribution et la roue dentée qui commande le régulateur et pénètre enfin dans le palier du bâti par un tourillon de 360 *mm* de diamètre sur 500 *mm* de longueur, au-dessus duquel fait saillie la portée de la manivelle motrice.

Nous ne présenterons pas ici la description du moteur à vapeur (1). C'est une machine Corliss à quatre distributeurs, du type bien connu de la maison Farcot ; on a pu voir ce type, alors nouveau, à l'exposition d'électricité de 1881 et il a reçu depuis cette époque de nombreuses applications, entre autres dans les usines élévatoires de la Ville de Paris. Le cylindre a 1,000 *m* à l'alésage et la course du piston est de 1,800 *m*.

Nous nous contenterons d'indiquer rapidement les quelques modifications qu'on a dû apporter au modèle courant pour l'adapter à sa destination particulière.

(1) Consulter « Revue industrielle, » n° 46, 16 novembre 1881.

Comme le cylindre seul repose sur la maçonnerie de la digue et qu'il existe une distance de 6 *m* entre la face de ce mur et le bord de la poutre de tôle sur laquelle peut s'appuyer le bâti, il a fallu allonger celui-ci et lui donner une forme convenable pour franchir ce vide et porter le palier de manivelle. De plus, les actions des coulisseaux de la tête du piston sur les glissières étant horizontales, puisque la manivelle tourne dans un plan horizontal, on a dû faire tourner d'un quadrant les deux directrices ordinaires de la machine. On en a ajouté une troisième pour supporter le poids de la tige du piston et de la bielle. La tête de la bielle est suspendue sur un petit pivot spécial en acier qui charge le manneton vertical suivant son axe et elle est disposée de façon à assurer le graissage sans déperdition d'huile.

L'attirail habituel de la distribution est conservé, mais on a dû y ajouter les organes nécessaires pour lui transmettre le mouvement de l'excentrique horizontal de l'arbre principal.

Nous citerons encore la disposition spéciale ajoutée au régulateur à force centrifuge pour le mettre à même de gouverner efficacement le mouvement de la machine aux diverses allures qu'exige la variabilité de la hauteur d'élévation de la pompe.

On se souvient que le programme indiquait pour cette hauteur les limites, fort éloignées l'une de l'autre, de 0,50 *m* et de 3 *m*. Or la pompe centrifuge, agissant sur l'eau par la vitesse qu'elle lui imprime, doit prendre des régimes très différents pour des hauteurs de refoulement aussi variables. On a prévu qu'elle pourrait tourner depuis 16 tours par minute jusqu'à 42 tours.

On fait ordinairement varier le régime en modifiant la charge du manchon du pendule à l'aide d'un poids mobile le long d'un levier horizontal. Mais ici, pour donner à cette variation du régime l'amplitude demandée, on a dû recourir à un contrepoids plus fort et en augmenter considérablement la course le long du levier.

La Fig. 1 Pl. 135 fait comprendre le dispositif adopté. On voit que l'arbre vertical du régulateur à boules peut recevoir son mouvement de l'arbre à manivelle par deux transmissions à rapport de vitesses différent. L'une des transmissions sert pour les petites vitesses, l'autre s'emploie pour les grandes.

CHAPITRE VII

Fonctionnement de l'usine de Khatatbeh. Rendement.

Nous avons visité l'usine élévatoire de Khatatbeh dans la seconde quinzaine de juin 1886. Pendant notre séjour d'une semaine, le Nil était fort bas et la moyenne des hauteurs d'élévation observées s'est trouvée de 3,13 *m*. Sur les cinq pompes centrifuges, il y en avait généralement quatre en marche simultanément, quelquefois trois seulement par insuffisance de vapeur. L'établissement possédait 11 chaudières dont 8 de la maison Farcot, de 175 m^2 et 3 du Creusot, de 190 m^2. Elles sont restées en feu toutes ensemble, ce qui donnait une surface de chauffe totale de 1,970 m^2. La cheminée carrée qui dessert l'usine a 32,14 *m* de hauteur et 2,02 *m* de côté à la sortie des gaz.

Le tirage paraissait faible surtout pendant la grande chaleur des après-midi. Les feux étaient médiocrement conduits et la pression manquait souvent aux machines.

La vitesse a été en général de 33 à 35 tours par minute. Le fonctionnement des moteurs et des pompes s'est toujours montré régulier, sans vibrations, sans bruits anormaux, sans échauffement d'aucun organe frottant. Un grand nombre de diagrammes ont été relevés sur les deux faces des pistons. L'admission a lieu le plus souvent sur le $\frac{1}{8}$ ou le $\frac{1}{10}$ de la course du piston. Les figures 7 et 8, planche 135, reproduisent deux de ces diagrammes simultanés qui représentent assez bien la moyenne des observations. Les phases successives de l'action de la vapeur seront certainement considérées comme satisfaisantes.

Il aurait été très intéressant de constater le rendement des machines et des pompes, et surtout la consommation de charbon par rapport au volume d'eau refoulée. Malheureusement les circonstances se prêtaient mal à des études de ce genre.

La hauteur d'élévation de l'eau dépassait le maximum, et à plus forte raison la moyenne prévue au contrat pour les essais de

consommation. Cet excès de hauteur entraine naturellement un accroissement de vitesse. Alors qu'il suffirait de faire tourner la pompe à 26 tours par minute pour élever l'eau à $\frac{0,50 + 3,00}{2} =$ 1,75 *m*, il faut 34 à 35 tours pour la hauteur de 3,13 *m*. Les deux facteurs du travail augmentent ainsi ensemble. Il est supposable que le rendement de la pompe dont on presse l'allure et le rendement de la machine à vapeur dont il faut augmenter l'admission s'en trouvent plus ou moins diminués.

Mais il y a plus, comme la production de vapeur de l'usine est limitée, on est obligé, pour suffire à ce travail excessif, de pousser constamment les feux, de nettoyer plus fréquemment les grilles au grand détriment de la consommation.

Ajoutons que les chauffeurs, épuisés par le jeûne prolongé du Ramadan et par la température dépassant souvent 40° à laquelle ils sont exposés, ne travaillent pas d'une façon normale.

Enfin, les fuites que présentait la conduite de vapeur d'une quarantaine de centimètres de diamètre, fuites qu'il aurait été malaisé de faire disparaître en pleine marche de l'établissement, rendaient à elles seules bien difficile toute appréciation de la consommation de charbon par cheval de travail en eau montée.

Mais il était facile, par contre, de mesurer le travail de la vapeur sur les pistons et de déterminer simultanément le débit des pompes et par suite le travail utile. Et comme les générateurs et les machines Farcot sont des appareils connus et éprouvés, il n'était pas impossible d'arriver par ce moyen à connaître le degré d'utilisation du combustible, sinon tel qu'il était en fait au moment des épreuves, du moins tel qu'il pourrait être normalement pour la même hauteur d'élévation.

Ces essais ont eu lieu les 19 et 21 juin. Il y avait quatre pompes en marche et on s'est attaché à entretenir la pression de la vapeur le plus régulièrement possible. On a relevé les compteurs des machines et on a compté fréquemment les nombres de tours. Deux indicateurs Richard ont été appliqués à l'avant et à l'arrière de chaque cylindre en passant d'une machine à l'autre pendant toute la durée des essais.

Les vitesses ont été mesurées dans le canal de refoulement sur un alignement de 100 mètres commençant à 344 mètres environ des

portes de décharge des pompes. La Fig. 5 Pl. 135 montre d'ailleurs l'emplacement où a été effectué le jaugeage.

Les essais du 19 juin ont été gênés par une légère brise qui a pu fausser le relevé des sections transversales et des vitesses. Ceux du 21 juin au contraire ont été faits par un temps calme.

On a relevé d'abord sur l'alignement de 100 *m* la section d'amont, la section au milieu de la longueur et la section d'aval. Une échelle installée au-dessous de la section d'amont a montré par de fréquentes lectures que le niveau ne subissait pendant les épreuves que de très faibles variations. On en a tenu compte cependant par de légères corrections des sections mouillées. Voici les aires ainsi calculées.

Amont	46,71 m^2
Milieu.	45,43 »
Aval	45,71 »
Moyenne	45,95 »

Les vitesses ont été déterminées par trois procédés :

1° Des bouteilles en partie remplies d'eau, plongeant de 25 *cm.* environ, lancées à 30 *m* en deçà de la section amont et dont on constatait l'instant de passage aux trois sections ;

2° Des tubes en zinc de 10 *cm* de diamètre, de 1 *m* et de 1,85 *m* de longueur, lestés de terre et s'enfonçant verticalement de 0,88 *m* à 0,90 *m* et de 1,70 *m* à 1,78 *m*, employés de même ;

3° Un moulinet Baumgarten dont le nombre de tours par seconde multiplié par 0,117 donnait la vitesse de l'eau.

Les trois procédés ont montré une concordance satisfaisante.

Le tableau annexe n° 1 donne les 38 vitesses observées aux divers points de la largeur et de la profondeur du canal.

On remarquera que les vitesses observées du côté droit du canal sont notablement moindres que celles relevées en des points symétriques du côté gauche. Cela tient à ce que six chalands de charbon étaient stationnés en A de la fig. 5 Pl. 135, à la naissance du canal de 30 *m* et occupaient le côté droit du canal sur une quinzaine de mètres en largeur. Ces chalands ont 13,80 *m* de longueur, 4,20 *m* de largeur et calaient 0,30 *m*. Les besoins de l'usine n'ont pas permis de déplacer ces bateaux. De plus, en B sur la fig. 5, il y avait une barque coulée près de la rive droite.

En prenant la moyenne des valeurs de la vitesse relevées à très peu près en un même point de la section, on a tiré de ces 38 observations 27 valeurs de la vitesse. Et la figure 6 Pl. 135 montre la section transversale moyenne décomposée en 27 surfaces partielles à chacune desquelles on a appliqué la vitesse correspondante.

On a pu dresser ainsi le tableau annexe n° 2. Il ressort de ce tableau que le débit s'est élevé à 27 472 litres et que la vitesse moyenne a été de 0,598 *m*.

Il est peut-être utile de faire remarquer en passant que cette vitesse moyenne représente les 855 millièmes de la vitesse des bouteilles flottant suivant l'axe du canal, vitesse que six mesures suffisamment concordantes fixent à 0,699 *m*.

En lançant à la fois une bouteille et un tube immergé de 1,74 *m*, dont le bas n'est qu'à 0,13 *m* du plafond du canal, on est frappé de voir le très faible retard du tube sur la bouteille. Ainsi les six expériences n°s 29 à 34 donnent pour le parcours de 100 *m*, au milieu de la largeur 143, 146, 144,5 secondes pour la bouteille et 158, 156, 156,5 secondes pour le tube, soit seulement 8,5 0/0 de plus en moyenne.

Or, on applique souvent pour calculer la vitesse moyenne en fonction de la vitesse au fil de l'eau, des coefficients compris entre 0,62 et 0,80. A l'usine de Khatatbeh où de nombreux jaugeages sont faits tant par la Compagnie d'irrigation que par les ingénieurs du gouvernement égyptien, on nous a rapporté qu'on se servait du coefficient 0,75 pour déterminer le débit.

Pendant que l'on constatait ce débit de 27 472 litres, c'est-à-dire de 6 h. 13′ à 10 h. 47′, le niveau à l'aspiration a été en moyenne de 6,48 *m* et le niveau à l'entrée du canal de refoulement de 9,61 *m*. Cela fait une hauteur d'élévation de 3,13 *m*. Le travail utile a donc été par seconde en admettant 1,000 *kg*. pour poids du litre d'eau :

27 472 $\times$ 3,13 soit : 85987 *kg* ou 1 146 1/2 chevaux-vapeur, soit 287 chevaux par pompe en moyenne.

Pendant la durée des jaugeages, il a été relevé sur chaque machine 13 ou 14 paires de diagrammes, ensemble 55 doubles diagrammes. Le tableau annexe n° 3 donne le relevé de leurs surfaces et le nombrede kilogrammètres correspondant.

Le travail total moyen de la vapeur dans les quatre machines ressort, d'après ce tableau, à 1 320 75,6 *kgm* soit 1 761 chevaux-vapeur.

D'après l'ensemble de ces essais, le rapport du travail utile au travail de la vapeur sur les pistons aurait été de :

$$\frac{85\ 987}{132\ 075,6} = 0,651$$

Il convient d'observer que dans l'établissement de ce rendement le travail résistant dû au parcours de l'eau dans la longue conduite de refoulement n'a pas été compté dans le travail produit.

Pour se former sur ce rendement une opinion raisonnée, il faut tenir compte du fait déjà signalé, que la hauteur excessive d'élévation qui obligeait à produire avec chaque pompe 287 chevaux en eau montée, nuisait directement à l'utilisation des pompes et des moteurs. Il en résultait de plus un inconvénient indirect : l'usine étant insuffisamment pourvue de vapeur, on ne pouvait tenir en marche à cette allure que quatre machines au lieu de cinq ; on ne pouvait faire fonctionner avec les pompes les trois vis d'Archimède et bien que les portes de décharge de ces vis et de la pompe inactive aient été tenues fermées, il arrivait cependant qu'une petite partie de l'eau élevée s'infiltrait par là dans le bief d'aval et échappait ainsi au jaugeage.

On peut donc admettre que pour un fonctionnement normal à hauteur moyenne, le rendement serait encore plus favorable.

. Nous avons dit que la consommation des générateurs de la maison Farcot et de ses machines à quatre distributeurs était bien connue des ingénieurs. Nous croyons utile cependant de présenter à ce sujet des documents que MM. Farcot ont bien voulu nous communiquer.

Six machines de ce système actionnent des pompes à piston fonctionnant à l'usine de la Ville de Paris à Ivry. Des essais de consommation de vapeur ont été faits sur trois de ces machines par les ingénieurs du service, du 6 septembre au 19 décembre 1885. Des compteurs d'eau et des bâches jaugées donnaient le volume d'eau introduit dans les chaudières. Le travail de la vapeur sur les pistons était relevé à l'indicateur.

On trouvera Fig. 9 Pl. 135, la courbe représentant les valeurs obtenues à peu près chaque jour, pendant cette longue

période, pour la consommation de vapeur par cheval indiqué et par heure.

Cette consommation oscille entre 5,54 *kg* et 6,50 *kg* et la moyenne générale s'établit à 5,96 *kg*.

De plus, la production des chaudières par kilogramme de charbon a été mesurée dans des essais de consommation faits du 4 au 9 janvier 1886 et l'on a trouvé en moyenne 8,303 *l*. d'eau vaporisée par kilogramme de briquettes d'Anzin (poids brut consommé).

Si nous rapprochons ces deux chiffres du rapport constaté au Khatatbeh entre le travail utile résultant des jaugeages et de la hauteur d'élévation de l'eau et le travail indiqué, on voit qu'un cheval utile coûte en travail indiqué $\frac{1}{0,651} = 1,536$ cheval, que, pour obtenir ce travail indiqué, il faut consommer, d'après les essais d'Ivry, $1,536 \times 5,96 = 9,155$ *kg* de vapeur, et enfin que la production de cette quantité de vapeur coûte, d'après ces mêmes essais, une dépense de charbon de $\frac{9,155}{8,303} = 1,103$ *kg*.

On pourrait donc, d'après ces indications, obtenir au Khatatbeh, même avec la hauteur de refoulement de 3,13 *m*, un cheval de travail en eau montée, à raison de 1,103 *kg* de charbon ; c'est-à-dire avec 37 0/0 d'économie sur le chiffre de 1,75 *kg* inscrit au contrat.

De nos expériences et de ces rapprochements, nous pouvons conclure que la solution si heureuse apportée par la maison Farcot au difficile problème qui lui était proposé en Egypte, fait le plus grand honneur à notre ancien Président et à notre collègue, M. Paul Farcot, l'auteur du projet. Elle fait honneur aussi à la France qui, par les services rendus à l'agriculture, saura maintenir son prestige dans ce beau pays du Nil. De plus, le type de pompe créé à l'occasion de l'élévation d'eau de Khatatbeh paraît appelé à des applications nombreuses et variées.

Enfin, si l'on veut bien se rappeler les précautions si habiles prises par le constructeur pour entraîner l'eau, comme par conviction, du bief d'aspiration au bief de refoulement, on reconnaîtra dans cette machine un frappant exemple des puissants effets que peut produire un effort énergique et continu, que ne dévient jamais ni le caprice ni la violence. Plus d'une entreprise humaine gagnerait sans doute à s'inspirer des mêmes principes.

PROFONDEUR	PLACE	N° d'ordre	MOYEN DE MESURE	VITESSES OBSERVÉES	VITESSES MOYENNES	OBSERVATIONS
tranche de 25 *cm*	axe	1	bouteille	0,7272		
»	»	2	»	0,6906		
»	»	22	»	0,6993	0,6989	un peu dérivé.
»	»	30	»	0,6993		un peu dérivé.
»	»	32	»	0,6850		
»	»	31	»	0,6920		
»	à 10 *m* de la rive gauche	21	»	0,7092	0,6814	
»	à 8 *m* »	36	»	0,6536		
»	à 5 *m* »	26	»	0,6024	0,6024	
»	milieu du côté droit	3	»	0,6897	0,6479	
»	à 8 *m* de la rive droite	38	»	0,6061		un peu dérivé.
tranche de 30 *cm*	axe	4	moulinet	0,6689	0,6596	
»	»	19	»	0,6503		
»	à 10 *m* du bord gauche	7	»	0,6747	0,6747	
»	à 5 *m* »	10	»	0,6318	0,6318	
»	à 10 *m* du bord droit	13	»	0,6065	0,6065	
»	à 5 *m* »	16	»	0,4709	0,4709	
tranche de 89 *cm*	axe	20	tube de 1 *m*	0,6849	0,6826	
»	»	21	»	0,6803		

PROFONDEUR	PLACE	N° d'ordre	MOYEN DE MESURE	VITESSES OBSERVÉES	VITESSES MOYENNES	OBSERVATIONS
tranche de 89 *cm*	à 10 *m* de la rive gauche	23	tube de 1 *m*	0,6873	0,6873	
»	à 5 *m* »	25	»	0,6329	0,6329	
»	à 10 *m* de la rive droite	27	»	0,6211	0,6211	un peu dérivé.
»	à 5 *m* »	28	»	0,5780	0,5780	un peu dérivé.
tranche de 1,74 *m*	axe	29	tube de 1,85 *m*	0,6329		
»	»	31	»	0,6410	0,6369	
»	»	33	»	0,6369		
»	à 8 *m* de la rive gauche	35	»	0,6270	0,6270	
»	à 8 *m* de la rive droite	37	»	0,5935	0,5935	
tranche de 1,00 *m*	axe	5	moulinet	0,6464	0,6464	
»	à 10 *m* du bord gauche	8	»	0,6425	0,6425	
»	à 5 *m* »	11	»	0,6279	0,6279	
»	à 10 *m* du bord droit	14	»	0,5665	0,5665	
»	à 5 *m* »	17	»	0,3920	0,3920	
tranche de 1,50 *m*	axe	6	»	0,6230	0,6230	
»	à 10 *m* du bord gauche	9	»	0,5811	0,5811	
»	à 5 *m* »	12	»	0,5733	0,5733	
»	à 10 *m* du bord droit	15	»	0,5070	0,5070	
»	à 5 *m* »	18	»	0,3627	0,3627	

ANNEXE N° 2

VITESSES MOYENNES	HAUTEUR des tranches	LONGUEURS moyennes des tranches	LONGUEURS moyennes des surfaces partielles	AIRES des surfaces partielles	DÉBITS PARTIELS	OBSERVATIONS
m	m	m	m	m	l	
0,6024			6,6813	1,4198	855,288	»
0,6814			5,0400	1,0710	729,779	»
0,6989	0,2125	29,5225	6,6950	1,4227	995,325	»
0,6479			11,1062	2,3601	1.529,109	»
0,6318			6,6225	1,0596	669,455	»
0,6747			5,0400	0,8064	544,078	»
0,6596	0,1600	28,4050	5,0800	0,8128	536,123	»
0,6065			5,0400	0,8064	489,082	»
0,4709			6,6225	1,0596	498,966	»
0,6329			5,9550	1,6972	1.074,158	»
0,6873			5,0400	1,4364	987,238	»
0,6826	0,2850	27,0700	5,0800	1,4478	988,268	»
0,6211			5,0400	1,4364	892,148	»
0,5780			5,9550	1,6972	980,982	»
0,6270			7,65125	2,1232	1.331,246	»
0,6369	0,2775	25,3825	10,0800	2,7972	1.781,537	»
0,5935			7,65125	2,1232	1.260,119	»
0,6279			4,2225	1,3301	835,170	»
0,6425			5,0400	1,5876	1.020,033	»
0,6464	0,3150	23,6050	5,0808	1,6002	1.034,370	»
0,5665			5,0400	1,5876	899,375	»
0,3920			4,2225	1,3301	521,399	»
0,5733			2,8170	1,7522	1.001,536	»
0,5811			5,0400	3,1349	1.821,690	»
0,6230	0,6220	20,7940	5,0800	3,1598	1.968,555	»
0,5070			5,0400	3,1349	1.589,394	»
0,3627			2,8170	1,7522	635,523	»
			Surface totale. .	45946		»
			Débit total. .		27 471,946	»

ANNEXE N° 3

HEURES	SURFACES des diagrammes en mm^2 avant	SURFACES des diagrammes en mm^2 arrière	MOYENNES des surfaces des diagrammes avant	MOYENNES des surfaces des diagrammes arrière	LONGUEURS MOYENNES des diagrammes en *mm.* avant	LONGUEURS MOYENNES des diagrammes en *mm.* arrière	KILOGRAMMÈTRES par coup de piston moyen avant	KILOGRAMMÈTRES par coup de piston moyen arrière	OBSERVATIONS
MACHINE N° 1									
6,12	2240	2460	2301,5	2542	104	100	17023,7	20004,8	Vitesse moyenne 33',4 par minute. Diamètre de la tige du piston, 150 *mm.*
6,45	2200	2380					37028,5		
7,17	2375	2425							
7,18	2295	2515							
7,51	2100	2405							
7,52	2190	2330							
8,24	2330	2610							
8,25	2390	2550							
9,17	2310	2580							
9,19	2300	2630							
9,52	2400	2750							
9,54	2375	2730							
10,38	2415	2680							
MACHINE N° 2									
6,19	1660	1620	1626,8	1576,8	95,5	93,5	13731,8	13907,4	Vitesse moyenne 35' par minute. Diamètre de la tige du piston, 150 *mm.*
6,20	1800	1685					27639,2		
6,52	1630	1630							
6,53	1720	1590							
7,22	1620	1570							
7,23	1640	1580							
7,55	1630	1610							
7,58	1615	1650							
8,32	1595	1455							
8,33	1570	1500							
9,26	1560	1525							
9,27	1600	1600							
10,00	1540	1510							
10,02	1565	1550							

HEURES	SURFACES des diagrammes en mm^2		MOYENNES des surfaces des diagrammes		LONGUEURS MOYENNES des diagrammes en *mm*		KILOGRAMMÈTRES par coup de piston moyen		OBSERVATIONS
	avant	arrière	avant	arrière	avant	arrière	avant	arrière	
MACHINE N° 3									
6,27	1925	2470							Vitesse moyenne 33t,6 par minute.
6,28	1925	2460							Diamètre de la tige du piston, 150 *mm*.
6,57	1825	2220							
7,00	1875	2180							
7,30	1760	2265							
7,31	1830	2310							
8,05	1815	2365							
8,06	1950	2310	1868,2	2343,6	96,5	94,5	14981,8	19633,8	
8,58	1920	2360							
9,00	1800	2545							
9,34	1900	2485					34615,6		
9,36	1925	2390							
10,07	1840	2235							
10,08	1865	2215							
MACHINE N° 5									
6,38	2020	1720							Vitesse moyenne 34t,7 par minute.
6,39	2055	1830							Diamètre de la tige du piston, 150 *mm*.
7,07	1920	1800							
7,08	1985	1750							
7,40	2170	1915							
7,42	2020	1940							
8,13	1850	1680	2013,4	1843,2	96,5	93,5	16674,7	16117,6	
8,14	1865	1830							
9,06	1890	1880							
9,07	1945	1970					32792,3		
9,42	2160	1950							
9,44	2162	1980							
10,17	2070	1750							
10,18	2075	1810			Travail total. . .		132075,6		

MÉMOIRE

SUR LE PROJET DE

CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN

DE PARIS

Par M. BOUDENOOT

PRÉAMBULE

Quand je me suis permis, dans la séance du 4 juin dernier, d'attirer l'attention de la Société des Ingénieurs civils sur l'utilité et l'opportunité que me paraît devoir présenter la discussion du projet de Chemin de fer Métropolitain, je ne m'attendais pas à être, pour ainsi dire, obligé de prendre le premier la parole sur cet important sujet.

Il m'avait semblé que mon rôle pouvait être simplement borné à rappeler au souvenir de tous nos collègues en général, et en particulier de ceux qui ont ici soutenu des discussions ou présenté des projets sur la question, à leur rappeler, dis-je, qu'elle est entrée dans une phase nouvelle, décisive, qu'on est sur le point de lui donner une solution, et qu'au moment où cette solution va devenir l'objet de débats parlementaires, l'intervention de la Société des Ingénieurs Civils est non seulement indiquée, mais désirable et salutaire.

Cela fait, il me paraissait naturel de m'effacer complètement, et

de laisser occuper la scène soit par les auteurs des projets eux-mêmes, soit par ceux de nos collègues qui possèdent en cette matière une expérience, un savoir et une compétence reconnus, dont les discussions antérieures portent la trace. J'avais attaché le grelot, si vous voulez bien me passer cette expression triviale; mais c'était à d'autres, plus sûrs d'eux-mêmes, ayant une autorité plus grande, de l'agiter maintenant et d'en tirer des sons dont l'écho serait accueilli, ici et ailleurs, avec une attention marquée et efficace.

Mais tel n'a pas été l'avis de plusieurs de nos collègues, membres du Comité. Vous avez eu raison, me disaient-ils, de demander la discussion sur le Métropolitain; mais il faut alors « que vous fassiez sur ce sujet une communication ». — Je répondais qu'assurément l'étude du projet officiel m'avait inspiré certaines réflexions plus ou moins justes, plus ou moins intéressantes, et que je me réservais de les produire au cours de la discussion. On me répliqua que cela ne suffisait point, qu'ayant demandé la discussion je m'étais pour ainsi dire engagé à la commencer, qu'il fallait, en un mot, ouvrir le feu. — Voilà, Messieurs, comment j'ai été amené à cette place. — J'ai cru devoir vous donner ces explications afin qu'il me fût permis de réclamer plus que jamais votre indulgence pour les considérations que je vais modestement vous exposer et pour les observations que je vais timidement vous soumettre, à propos du projet présenté au Parlement par M. le Ministre des Travaux publics.

EXPOSÉ

Le dépôt de ce projet officiel permet, en effet, de donner à la discussion une base plus précise, une trame plus serrée, un intérêt plus pressant. Jusqu'aujourd'hui nous avons vu présenter une série de projets très divers qui donnaient lieu à des échanges d'idées, à des aperçus très variés, à des observations parfois remarquables, mais le plus souvent sans liaison et sans suite, et surtout sans portée pratique, puisqu'elles ne s'appliquaient qu'à des conceptions dont la réalisation restait douteuse.

C'est ce qui fait que tout en présentant un certain intérêt aux

ingénieurs, aux entrepreneurs et à quelques autres, la comparaison entre les nombreux projets de Métropolitain n'a pas été étudiée à fond, ni poussée dans les détails, comme n'ayant pas l'utilité et l'importance qu'elle eût acquises, s'il se fût agi d'un concours par exemple. — Elle en a aujourd'hui, à ce point de vue, moins que jamais; et c'est le projet officiel seul qui doit, selon nous, faire maintenant l'objet d'une critique sérieuse, détaillée, impartiale bien entendu, critique d'où pourront peut-être résulter de notables améliorations.

Déjà, sur les observations du Conseil municipal, il a été admis en principe plusieurs changements au projet déposé en avril, et le second projet présenté à la récente rentrée des Chambres donne le détail de ces modifications, que nous aurons à apprécier. — La Commission de la Chambre, celle du Sénat pourront, à leur tour, en faire admettre, si les discussions, que la question soulève au sein des sociétés savantes et techniques et dans la presse, leur en suggère de justes et d'utiles. Mais c'est sur le projet ministériel, qui a pour lui la consécration gouvernementale, l'approbation tacite, sinon quant aux détails du moins quant à l'ensemble, des Ingénieurs et du Conseil des ponts et chaussées, c'est sur ce projet, abstraction faite des autres, qu'il y a lieu désormais de porter l'examen. — Cela ne veut pas dire que l'étude des projets antérieurs soit superflue : au contraire, c'est elle qui, le plus souvent, inspirera soit des additions, soit des modifications heureuses au projet actuel; et tel qu'il est présenté, il est déjà facile d'y reconnaître les emprunts faits aux projets précédents. Mais, je le répète, si l'on ne veut pas laisser la discussion s'égarer et tomber en des développements indéfinis et de vaines longueurs, il faut la concentrer sur l'examen du projet officiel.

Division de cette étude. — Abordons maintenant cette étude, et pour la rendre plus claire et plus facile, aussi bien pour celui qui doit l'exposer que pour ceux qui veulent la suivre, divisons-la en trois parties bien distinctes.

Dans la première partie, nous examinerons si, dans le projet officiel, on a pris suffisamment en considération tous les besoins, tous les intérêts, toutes les aspirations, tous les services auxquels

doit répondre un Chemin de fer Métropolitain dans une ville comme Paris ; et, pour faire consciencieusement cet examen, nous nous en rapporterons presque toujours aux opinions autorisées qui ont été émises dans cette enceinte, au cours des longues et nombreuses discussions que, depuis 1881, nous avons suivies avec le plus grand soin. — De cet examen résultera la préférence à donner, suivant les diverses parties du tracé, aux solutions proposées : aérienne, souterraine, à niveau, en tranchée.

Dans la seconde partie, nous examinerons ce qui a trait à la construction du Chemin de fer : les directions générales du tracé, les diverses lignes transversales ou en circuit qui le composent, les profils en long et en travers ; et nous rechercherons si, en tous ces points, le projet satisfait bien aux conditions que, dans la première partie, nous aurons reconnues nécessaires ou utiles.

Enfin, *dans une dernière et troisième partie*, nous étudierons ce qui est relatif à l'exploitation tchnique et commerciale du Chemin de fer.

Dans une conclusion, l'on résumera l'ensemble et les principaux points de cette étude ; puis l'on examinera les conditions financières, et l'ordre à suivre dans la construction des lignes.

PREMIÈRE PARTIE

Besoins, Aspirations, Intérêts, Services auxquels doit répondre le Métropolitain.

Nécessité et utilité. — Sur la nécessité d'établir un Métropolitain dans Paris, tout le monde ou presque tout le monde est d'accord. Parmi les nombreux membres de notre Société qui ont pris part aux discussions élevées à ce propos depuis 4 et 5 ans, je n'en ai entendu qu'un seul, un jour, émettre l'opinion qu'après tout il n'est ni utile, ni nécessaire de construire un Métropolitain, et qu'il suffit de perfectionner le service des Omnibus et des Tramways.

Tous les autres, au contraire, ont reconnu que la circulation énorme des voitures de toute sorte, et aussi des piétons, dans Paris. l'encombrement qui en résulte tous les jours à certaines heures et en certains quartiers, nécessitent la création de nouveaux moyens de transport plus puissants que ceux dont nous disposons aujourd'hui.

Caractère urbain du Chemin de fer. — A ce point de vue, le Métropolitain doit revêtir un caractère urbain; il doit être d'un intérêt local, il doit être, *dans toutes ses parties*, une espèce de tramway perfectionné beaucoup plus puissant, beaucoup plus rapide que ceux qui existent déjà sur certains points de la Capitale.

(Notez l'expression : *dans toutes ses parties*, que je veux opposer à une autre dont je me servirai plus loin.)

Ce n'est pas à dire que le Chemin de fer doive remplacer complètement les tramways et les omnibus actuels. On l'a dit ici même : il ne faut pas songer à substituer le Métropolitain à tous nos omnibus. Un omnibus peut s'arrêter à chaque pavé ; le Chemin de fer ne le peut pas. Dans les petits parcours, et surtout pour ceux qui se croisent, les omnibus auront toujours leur utilité, leur nécessité même : il faut les maintenir, quitte à les améliorer. Le Métropolitain devra donner des voyageurs aux omnibus et il devra

leur en prendre. Comme l'a dit très justement M. Level, en mars 1885, il devra compléter le plus heureusement possible les moyens de circulation actuels ; et c'est plutôt comme une adjonction que comme une concurrence aux services existants qu'il faut considérer le Métropolitain.

De ce premier caractère, qui doit exister dans toutes les parties du Chemin de fer, résulte cette conséquence qu'il y aura lieu et matière à entente entre la Compagnie Métropolitaine et la Compagnie des omnibus pour la combinaison de leurs services et même pour l'établissement, à des conditions à déterminer, de correspondances entre les véhicules des deux Compagnies.

Caractère suburbain du Chemin de fer. — Un second caractère que devra revêtir le Métropolitain (et, sur ce second caractère comme sur le premier, tout le monde est d'accord), c'est de faciliter les rapports avec la banlieue de Paris.

A Berlin, à Vienne, à Londres, on a également attribué ce caractère au Métropolitain. Les Métropolitains de Berlin et de Londres font un service très suivi entre la Ville et la Banlieue ; à Vienne, on poursuit le même but. Le Métropolitain, à Paris, devra aussi permettre à l'ouvrier d'habiter un domicile moins cher, plus aéré, plus sain ; le chemin de fer l'amènera le matin à son travail, plus frais, plus dispos, et le ramènera le soir chez lui moins fatigué et de meilleure humeur. — Plus d'hygiène, plus de bien-être, plus de santé, économie de temps et d'argent : tels sont les avantages que l'ouvrier peut recueillir de la création d'un Métropolitain construit et exploité dans de bonnes conditions.

Ce n'est pas l'ouvrier seulement, c'est aussi le petit employé, c'est l'homme d'affaires dans une situation moyenne, c'est l'ingénieur attaché à tel cabinet ou à telle usine, le simple fonctionnaire, le modeste expéditionnaire et le bureaucrate des ministères, c'est toute cette foule qui y trouvera son avantage. Qu'on ne dise pas que, s'il en est ainsi à Londres, il n'en est pas de même à Paris, où les ouvriers et les employés se logent quand même dans les rues étroites et malsaines de certains quartiers du centre de la Ville. — S'ils agissent ainsi, c'est précisément parce que le Métropolitain n'existe pas. — Qu'on donne de l'air et de la lumière en perçant ces horribles îlots qu'on regrette de trouver encore

au centre de Paris; que le Chemin de fer se fasse et transporte l'ouvrier et l'employé le plus vite et le moins cher possible dans les communes suburbaines, où il pourra se loger et vivre plus à son aise et à meilleur marché : vous verrez alors se former de grands courants de voyageurs et tout ce monde établir son domicile auprès du passage des lignes, aux endroits les plus propices et les plus commodes au point de vue de scs occupations.

Cette idée est tellement acceptée par tout le monde qu'aucun des auteurs de projets n'a manqué de nous dire : Mon projet réalise le desideratum universellement exprimé et résout la question des logements à bon marché.

Dans son exposé des motifs, M. le Ministre à son tour a fait valoir cette considération ; nous verrons, dans l'examen de détail, qu'il n'en a peut-être pas tenu tout le compte qu'elle mérite.

Quant au caractère urbain, il a paru s'en préoccuper moins encore.

Caractère général du Métropolitain. — Reste un troisième caractère que M. le Ministre a donné à son projet, c'est celui d'intérêt général, national, et disons même un peu international. Ici on n'est plus d'accord comme sur les deux premiers caractères. Beaucoup de personnes pensent qu'il suffit que le Métropolitain réponde aux besoins de la circulation urbaine et de banlieue, et regardent le troisième caractère comme inutile et dangereux, d'autant plus que, si l'on en tient compte, on sera entraîné à des dépenses extrêmement considérables.

Nous avouons que cette opinion, que nous avons entendu défendre par notre éminent collègue M. Simon, est fort autorisée, et qu'elle a d'autant plus de poids que nos finances ne sont plus aujourd'hui florissantes comme il y a quelques années. La situation budgétaire de l'État et de la Ville commande l'économie. Ce n'est donc que pour de bonnes raisons et dans un but vraiment utile qu'on peut se résoudre à entrer ici dans les vues ministérielles.

Or, l'exposé des motifs est, sur ce point, bien dépourvu de motifs, et nous avons dû en chercher dans le projet de M. Haag, dont on s'est évidemment inspiré, et dans les discussions que ce projet a soulevées. Il me souvient qu'il y a deux ans, lorsque pour

la première fois le projet Haag fut soumis à la Société des Ingénieurs civils, notre sympathique collègue, M. Hauet, parut d'abord surpris et effrayé du prix que coûterait l'artère de jonction entre les deux groupes (N.-O. et S.-E.) des gares de Paris. Bien décidé à combattre le projet, il l'étudia complètement et revint ici, deux mois après, nous faire une communication fort intéressante, mais qui pouvait nous surprendre à notre tour. Il était, disait-il, devenu partisan du projet en l'étudiant. Les critiques et objections qu'il voulait faire se sont évanouies : il adopte l'idée de M. Haag, grandiose, mais réalisable ; il la trouve même, et en cela peut-être va-t-il un peu loin, la seule réalisable. Quoi qu'il en soit, nous avons éprouvé à peu près les mêmes sentiments et passé à peu près par les mêmes états d'esprit.

Nous sommes arrivé peu à peu à admettre pour le *Métropolitain* un caractère *d'intérêt général*, mais avec *les restrictions suivantes :*

Ce *caractère général ne doit être donné qu'à l'artère de jonction des groupes de gares. Le reste du réseau Métropolitain devra constituer, indépendamment de cette section centrale, un premier réseau suffisant aux besoins les plus pressants de la circulation urbaine et suburbaine. La construction de cette section pourra être remise jusqu'au jour où nos ressources financières seront plus grandes ; enfin elle sera combinée avec des opérations de voirie qui allégeront d'autant la dépense du Chemin de fer proprement dit.*

Ces restrictions établies, indiquons les motifs qui nous ont amené à adopter le principe de l'artère centrale et le caractère général qu'affecte le projet ministériel.

Motifs d'intérêt général. — M. Baïhaut n'est pas, du reste, le seul ministre des travaux publics qui ait eu la même pensée.

Ses prédécesseurs, MM. Demôle et Raynal, avaient conclu dans le même sens; et M. de Freycinet en 1878 avait aussi revendiqué pour le gouvernement le droit de faire la concession du Métropolitain, qu'il considérait comme un chemin de fer d'intérêt général.

Il est bon, suivant les partisans de cette opinion, que les lignes de l'Ouest, de l'Est et du Nord, formant le groupe Nord-Ouest,

soient réunies aux gares de Lyon, de Vincennes et d'Orléans, formant le groupe Sud-Est.

Cela est bon, non seulement au point de vue de l'arrivée et du départ, au centre de Paris, des voyageurs venant de l'extérieur ou y allant, qu'ils soient de la province ou de l'étranger ; cela est utile aussi au point de vue stratégique ; et en cas de mobilisation cette communication rapide, cette liaison directe établie entre toutes les régions du territoire français, pourra produire de très heureux résultats.

Au point de vue international même, pour les trains rapides de Calais en Italie par exemple (tels que la malle des Indes), il n'est pas non plus indifférent que le train puisse traverser rapidement Paris au lieu de s'arrêter à une ou deux lieues en avant de la ville, de suivre la ceinture, de s'arrêter de nouveau et de reprendre la direction générale sur Lyon.

Et ce n'est pas seulement cette direction qu'il faut viser : c'est aussi celle de tout le Nord de l'Europe vers l'Espagne et le Portugal.

C'est encore celle du Nouveau-Monde vers l'Europe centrale et septentrionale.

Nous avons depuis quelque temps établi un service maritime rapide entre le Havre et New-York. Qu'on combine avec ce service maritime un service de trains express desservant le centre et le nord de l'Europe en passant par Paris, et peut-être ainsi nous assurerait-on le transit international des voyageurs d'Amérique, qui ont à parcourir l'ancien continent.

Nous avons l'Orient-Express qui part de Paris, et qui pourrait partir du Havre.

On aurait, en outre, le Nord-Express, puis le Midi-Express, etc. Depuis deux jours à l'heure où je parle, on a inauguré : le Méditerranée-Express, — le Calais-Paris-Pau-Express, — et le Sud-Express.

Quand l'on voit percer des montagnes ; établir des tunnels au Gothard, au mont Cenis ; quand on parle d'en construire au Simplon, au mont Blanc, pour gagner une heure et demie ou deux heures sur un parcours déterminé, on ne doit pas regarder comme inutile de gagner trois quarts d'heure ou une heure à la traversée de Paris.

Cette heure gagnée ici et une autre gagnée ailleurs peuvent empêcher qu'un service international nous échappe et passe à nos voisins.

Les Métropolitains à l'Étranger. — Du reste, Vienne et Berlin n'ont pas manqué, pour toutes les raisons que je viens de dire, de donner ce caractère à leur Métropolitain.

Ainsi, M. Shaller, dans la communication qu'il a faite à notre Société sur le Métropolitain de Vienne, nous a dit expressément qu'on voulait « établir une communication entre les différentes lignes aboutissant à Vienne, tant au point de vue stratégique qu'au point de vue du transit national et international ».

A Berlin, le Métropolitain est constitué par une large ligne transversale élevée sur un viaduc de 7 à 8 mètres de hauteur et faisant communiquer entre elles les six grandes lignes qui aboutissent à la capitale de l'Allemagne.

L'Etat a déboursé 90 millions pour faire la traversée de Berlin. Sur le viaduc il y a 4 voies, dont deux sont réservées au service international ou général; les deux autres appartiennent au service local et de banlieue.

Ces diverses considérations nous ont amené à adopter aussi ce principe : que le Métropolitain de Paris doit présenter un caractère d'intérêt général.

Mais ce caractère sera restreint à l'artère de jonction, sans laquelle le reste du réseau pourra néanmoins suffire aux besoins les plus pressants de la circulation urbaine et suburbaine ; de sorte que l'exécution de l'artère centrale puisse n'avoir lieu qu'à une époque plus prospère, et soit alors combinée avec des opérations de voirie permettant de réduire la dépense du Chemin de fer proprement dit.

Résumé des caractères qu'on peut attribuer au Métropolitain.— Pour résumer ce qui précède, nous admettons :

1° Que le Métropolitain doit affecter un *caractère d'intérêt général*, tel que nous venons de le délimiter;

2° Qu'il doit présenter un caractère de *circulation urbaine* dans toutes ses parties intérieures à la ville ;

3° Qu'il doit se prêter facilement au *service de la banlieue* dans

les différentes directions déjà indiquées par les habitudes et les préférences des Parisiens, savoir : *vers l'Ouest,* par les gares de Saint-Lazare et de Montparnasse ; vers le *Sud-Ouest* par la ligne de Sceaux et Limours; vers le *Sud-Est*, par les chemins de fer de Lyon et de Vincennes ; vers *le Nord* par les gares du Nord et de l'Est.

Nous verrons tout à l'heure si les raccordements proposés dans le projet ministériel avec les diverses lignes actuelles sont suffisants.

Mais nous croyons, en outre, qu'il manque au moins au projet officiel primitif une ligne de banlieue spéciale dans une direction qui en est privée jusqu'ici, savoir celle du *Nord-Est* (Bagnolet, les Lilas, Romainville, etc.).

Disons tout de suite que le projet officiel rectifié tient compte de cette indication, bien que d'une façon encore insuffisante; mais nous examinerons ces questions avec plus de détail dans notre seconde partie, où nous montrerons aussi que le caractère urbain a été un peu négligé dans les diverses sections du projet ministériel.

Tels sont les trois premiers caractères répondant à des besoins et à des intérêts reconnus, que, pour notre part, nous pensons pouvoir attribuer au Métropolitain.

Nature des transports. — Disons maintenant quelques mots des services que ce chemin de fer est appelé à rendre au point de vue de la *nature des transports*.

Il est, en effet, nécessaire de bien s'entendre sur la destination de la voie : sera-t-elle exclusivement réservée aux voyageurs (munis ou non de bagages), ou bien fera-t-elle aussi le service des marchandises?

Ce point est très important à résoudre, car on doit en faire dépendre la solution qu'on adoptera pour la construction de la voie elle-même et du matériel.

Nous pensons que l'exposé précédent des besoins et des intérêts auxquels doit satisfaire le Métropolitain permet de répondre à la question.

Seule l'artère centrale, dans les deux voies réservées au trafic général (ou dans une voie souterraine spéciale), devra laisser

passer des express et des trains de marchandises, qu'ils soient destinés à traverser la capitale ou à y être déchargés.

Sur l'artère centrale devront être dirigés aussi les wagons réservés au service des Halles.

Toutes les autres lignes du Métropolitain ne devront transporter que des voyageurs, de préférence sans bagages.

Cependant, comme sur les trains de ceinture actuels, on peut admettre les bagages légers.

Ce principe posé, je n'en veux pas conclure que l'on peut, pour toutes les autres lignes que l'artère centrale, établir des voies spéciales, très différentes de celles adoptées généralement, plus étroites par exemple, avec un matériel plus petit et beaucoup plus léger.

Je veux seulement conclure que tout en admettant pour toutes les parties du Métropolitain le gabarit ordinaire, de manière à permettre la circulation du matériel roulant usuel, seule l'artère centrale devra supporter des trains très pesants ou très rapides, par suite un matériel de traction lourd et puissant, ce qui exigera une construction plus solide et plus forte.

Les autres sections du Chemin de fer, laissant passer des trains moins lourds et moins rapides, pourront être construites plus légèrement et dans des conditions d'exécution plus faciles et moins coûteuses.

Des diverses considérations que nous venons de développer nous pouvons maintenant déduire aussi la réponse à deux questions, sur lesquelles il faut encore être fixé avant de discuter les détails du projet proprement dit.

Nature des raccordements à établir. — La première consiste à savoir s'il est nécessaire de raccorder entre elles toutes les parties du Métropolitain, de telle façon qu'un train partant d'un point quelconque du parcours puisse aller à tout autre point, sans qu'il soit besoin pour les voyageurs de monter ou de descendre des escaliers.

A cette question nous répondons résolument : Non, parce que nous avons indiqué au début les raisons qui nous empêchent de considérer le Métropolitain comme devant se substituer entièrement aux omnibus et aux tramways.

Si l'on entrait dans cette voie, on serait amené à établir un réseau très étendu et très compliqué, dont toutes les parties pussent se raccorder rails à rails, et à sillonner Paris en tous sens de voies ferrées, exagération qui nuirait cette fois à l'aspect de la capitale, en même temps qu'elle nécessiterait l'exécution de 120 à 150 kilomètres de voies urbaines, alors que la moitié au plus sera bien suffisante. Et quand même on exécuterait un pareil projet, on ne remplacerait pas encore convenablement les omnibus dont l'existence, nous l'avons vu, sera toujours nécessaire.

On leur aura fait beaucoup de mal, sans rendre les services auxquels seuls ils peuvent satisfaire.

M. Guerbigny, je crois, nous a dit ici même, et fort justement, en juillet 1882, qu'il y a dans Paris deux sortes de voyageurs:

Ceux qui font des courses proprement dites et ceux qui prennent une voiture, un omnibus ou un tramway, pour aller de chez eux à l'atelier, au bureau, au magasin, au spectacle, etc., à des heures déterminées; et pour faire le voyage inverse à d'autres heures.

C'est surtout en vue de ceux-ci qu'il faut créer le Métropolitain; pour la première catégorie de voyageurs, le Chemin de fer n'en transportera qu'une faible partie.

Donc, indépendamment des raisons d'ordre financier, et sans même rien préjuger des droits que la Compagnie des Omnibus peut trouver dans ses traités avec la Ville et qui lui ont fait déjà présenter quelques réserves sur les projets de Métropolitain, je pense qu'il faut persister à considérer ce dernier comme devant compléter les moyens de circulation actuels, et non comme devant se substituer à eux et les ruiner.

Dans ces conditions, il est inutile de développer outre mesure les voies ferrées dans l'intérieur de Paris et d'exiger rigoureusement que toutes les lignes créées se raccordent rails à rails.

Est-ce à dire que chaque ligne devra rester isolée et indépendante? Loin de là ma pensée.

Je répugne toujours, d'ailleurs, aux solutions absolues et brutales. Elles sont presque toujours mauvaises.

Mais je pense que, sans exiger les raccordements de toutes les lignes entre elles, il sera bon et utile de raccorder les unes aux autres les lignes qui répondent aux mêmes besoins, à des courants communs de transport; et je crois qu'il y aura lieu de donner

alors à ces raccordements le moins de complications et les plus grandes facilités possibles. Dans les autres cas, on pourra se contenter de correspondances sans raccordement.

Choix entre les divers tracés ; aérien, souterrain, à niveau, en tranchée. — La seconde question qu'il nous reste à résoudre avant de discuter en détail le projet ministériel, c'est celle du choix entre les divers tracés, souterrain, aérien, en tranchée, à niveau, etc.

Ici comme tout à l'heure nous repousserons les solutions absolues.

Selon les circonstances et selon les besoins, il y a lieu, croyons-nous, de recourir à telle solution plutôt qu'à telle autre.

Cependant nous reconnaissons qu'il est nécessaire de s'inquiéter des aspirations, des désirs et des préférences de la population parisienne, en même temps que des conditions de construction et d'exploitation.

Or, il n'est pas douteux que les préférences de la presque unanimité des Parisiens ne soient pour la solution aérienne ; et si l'on veut avoir des voyageurs, il ne faut pas leur offrir un mode de transport qui leur répugne.

Du reste, au point de vue technique, il semble encore que, d'une manière générale, la solution aérienne présente moins d'inconvénients et plus d'avantages.

Ce double sentiment est celui qui me paraît aussi se dégager de la lecture complète des discussions soutenues depuis plusieurs années au sein de notre Société.

Revue rétrospective des diverses opinions émises sur le tracé. — En 1882, M. Shaller, parlant du Métropolitain de Vienne, nous disait que, là-bas comme à New-York, le tracé qui maintient dans la plus grande partie le Chemin de fer au-dessus du sol réunit les plus grands avantages.

Il ajoute qu'à Vienne comme à Paris, le tracé souterrain exigerait des rampes très fortes pour passer sous les égouts sans les déplacer et éviter les infiltrations du sol.

Les Viennois, pas plus que les Parisiens, n'aimeront à être enfermés dans des tunnels ou bien au fond de sombres tranchées.

A Berlin, le Métropolitain est aérien, et il est difficile qu'il en soit autrement pour une large artère transversale réunissant entre elles les grandes lignes qui aboutissent à la capitale.

A Liverpool, à Rotterdam, à New-York le Métropolitain est aérien.

A Londres, il est vrai que le Chemin de fer est en souterrain ou en tranchée.

Mais, comme nous l'a fait remarquer très justement M. Richard en août 1883, le sous-sol de Londres est autrement sûr que le sous-sol de Paris.

Ici, il faudrait descendre très bas pour éviter les égouts, les conduites d'eau et de gaz, s'exposer dès lors à rencontrer les nappes d'eau souterraines et les difficultés qu'ont présentées les fondations de l'Opéra, etc.

Enfin, il fait remarquer que tous les quartiers de Londres sont à peu près au même niveau et qu'il n'en est pas ainsi à Paris; qu'à Londres même, depuis quelques années, chaque fois qu'on le peut, on dégage les abords des tranchées du Métropolitain, en rasant les maisons, pour lui donner plus d'air et de lumière.

On a dit aussi : qu'à Londres, les habitants de la ville ont un tout autre caractère que les Parisiens ; que les deux tiers de l'année, l'atmosphère y est sombre, froide et malsaine, au-dessus comme au-dessous du sol ; que le climat y est très pluvieux et les chaussées presque toujours boueuses ; ce qui rend le tracé souterrain parfaitement supportable qu'aucune de ces raisons ne s'applique à Paris.

M. Chrétien, en venant nous exposer un projet de tramways électriques, s'est aussi prononcé pour la solution aérienne.

MM. Heuzé et Haag ont également manifesté leur préférence pour cette solution.

M. Armengaud soutient la même thèse en défendant éloquemment le projet Heuzé, et en reconnaissant le mérite du projet Haag.

M. Chapuis les approuve tous deux d'avoir pensé que les voyageurs aimeraient mieux être « hirondelles que taupes » ; il ajoute que les égouts étant déjà des réservoirs d'air malsain, il ne faut pas, à côté ou au-dessous d'eux, en établir d'autres sous le nom de tunnels pour y faire circuler le public.

Nous avouons, en nous plaçant dans cet ordre d'idées, que ce serait vraiment exagérer le système du « tout à l'égout » que d'y envoyer jusqu'aux voyageurs.

Le Directeur des travaux de Paris, M. Alphand, exprime en 1882 la crainte qu'on ne provoque des tassements en procédant aux épuisements que nécessiterait l'abaissement du plan d'eau de la nappe souterraine.

M. Level, à la même époque, disait ici qu'il verrait avec peine s'établir dans Paris un chemin de fer souterrain passant sous les égouts avec des rampes de 20 à 30 millimètres.

M. Émile Trélat, alors notre Président, fait observer qu'avec un Métropolitain souterrain il est bien plus difficile pour le voyageur de voir où il va, ce qui peut nous faire tromper bien plus aisément de direction et de destination.

Il constate, que dans le cas du souterrain, la ventilation et l'aérage nécessiteront des mesures spéciales, et que le mode de traction prendra une gravité plus grande.

M. Quéruel insiste sur ce côté spécial de la question ; et nous assistons alors au duel de l'air comprimé et de la locomotive sans foyer ; plus tard entrait en lice la locomotive à soude; puis les câbles.

MM. Frank et Mékarski nous exposent tour à tour les mérites et les inconvénients de leur système. Ce dernier reconnaît que le Chemin de fer souterrain nécessitera des installations de ventilation et d'aérage considérables et coûteuses.

Il parle de cheminées à établir de 50 en 50 mètres.

M. Marché, notre regretté Président, se demande s'il y a possibilité d'exécuter sous Paris de longs tunnels alors que les questions de ventilation et d'aérage restent en suspens, et qu'on est encore à présenter à leur égard des solutions douteuses et incertaines.

M. Guerbigny, en faisant ici une communication sur son projet de Métropolitain, déclare que si l'on était maître absolu du choix à faire, il faudrait opter pour l'aérien exclusivement.

M. Hauet, dans la longue discussion qu'il a soutenue sur le projet Haag, exprime l'opinion qu'il faut rejeter la solution souterraine comme présentant en général trop d'aléa et trop d'inconnu, à cause de la dépréciation de certains locaux ou terrains,

de l'ébranlement des maisons, de l'éboulement des terres, des vibrations à distance, etc.

Il ajoute qu'au point de vue artistique la solution aérienne est encore la meilleure.

Bien loin de défigurer Paris, le tracé aérien peut ne toucher à aucun de ses monuments et ne rien changer à ses belles promenades et à ses magnifiques rues.

Il peut, au contraire, ajouter une beauté de plus à celles qui font la gloire de notre capitale.

Il suffira, pour cela, de varier les aspects du viaduc métallique ou en maçonnerie qui portera la voie du Chemin de fer. Si, au-dessous des viaducs en maçonnerie, on installe des boutiques, on pourra leur donner des formes et des abords divers qui varieront avec leur destination spéciale, avec le métier des personnes qui les loueront.

A Berlin, par exemple, il y a sous les arcades du viaduc des brasseries élégantes et de fort belles boutiques.

Les points de vue pris du haut du viaduc même, ainsi que ceux qu'il offrira aux yeux des piétons parcourant les rues voisines, pourront également présenter des aspects variés et agréables à l'œil, si l'on sait mettre à profit les effets d'ombre et de lumière, les échappées sur les grandes artères, les perspectives courbes enfin, bien préférables aux longs et fastidieux alignements droits tels que ceux de la rue de Rivoli, de la rue Lafayette et autres.

Cette manière de voir, à propos du cachet qu'il faut imprimer au Métropolitain, se trouve développée en cent brochures diverses; et ce matin encore j'en reçevais une où l'un de nos collègues, M. Arsène Olivier, de Landreville, s'exprime ainsi à cette égard :

« Le Métropolitain Parisien devra être hardi, élégant, moderne
» surtout; je veux dire qu'il devra être nouveau et, autant que
» possible, ne ressembler en rien à tout ce qui a été fait jusqu'ici.
» Il s'agit de regarder en avant, et c'est par ce chef-d'œuvre
» que l'école moderne devra faire son apparition dans le monde. »

Après M. Hauet vient M. Lencauchez qui donne aussi la préférence au chemin de fer aérien, mais demande qu'on adopte des solutions légères pour le viaduc et le matériel.

Dans la même séance notre honorable président, M. Hersent, tout en plaidant la cause du souterrain, dont les difficultés ne

lui font pas peur (mais quelles difficultés pourraient-elles jamais faire peur à un ingénieur tel que vous, mon cher Président!) M. Hersent reconnaissait que la solution aérienne sera plus agréable aux Parisiens.

Il craint seulement que pour établir le tracé aérien on n'ait besoin de recourir à des opérations secondaires, financières ou autres, dont personne ne voudra peut-être.

Plus tard, en février 1885, M. Jules Garnier est venu nous décrire son projet de chemin de fer aérien, à voies superposées.

Il s'exprime d'une façon très catégorique.

Il ne faut pas souffrir, nous dit-il, que le Métropolitain soit caché.

Nous devons l'élever au grand jour.

L'ingénieur doit imprimer à cette œuvre un cachet élégant et artistique, et désirer qu'elle soit pour lui un triomphe.

En même temps on donnera aux voyageurs de l'air, de la lumière, la vue de Paris, le spectacle de l'animation et de la vie.

Il conclut en disant qu'il faut que le *Chemin de fer soit aérien ou bien qu'il ne soit pas.*

M. de Comberousse, qui nous présidait alors, insiste dans le même sens.

M. Level, appuyant de nouveau la solution aérienne, fait observer qu'il sera difficile de marier un chemin de fer souterrain aux voies existantes, tandis que des tracés aériens comme ceux de MM. Haag et Garnier complètent très heureusement les moyens de circulation actuels; et c'est là surtout ce qu'il faut rechercher dans le Métropolitain considéré au point de vue de la circulation urbaine.

MM. Lantrac, Brüll, Moreau, viennent donner des conclusions analogues; et dans la même séance M. Le Brun, préconisant aussi la solution aérienne, nous présente le projet de MM. Milinaire frères, qui consiste en un viaduc métallique à voies superposées.

Il fait observer que ce système peut se combiner avec d'autres et qu'il faut conserver le projet de M. Haag pour l'artère centrale.

Enfin la presque unanimité des journaux et brochures publiés

à ce propos réclame le tracé aérien, et dans l'opuscule que je citais tout à l'heure je lis ces mots :

« C'est méconnaître le Parisien que de croire qu'il s'enfoncera « dans un souterrain; l'aérien est son idéal; et comme en tout il « faut faire au goût du client, c'est dans le sens d'une solution « aérienne, *et seulement ainsi, que la question du Métropolitain devra « être étudiée, si l'on veut complaire à la population de Paris et ob- « tenir sa pratique.* »

Cette revue rétrospective nous montre que M. le Ministre avait raison de vouloir donner satisfaction sur ce point à l'opinion, tant du monde spécial des ingénieurs que du grand public.

Le premier projet officiel, et surtout le second, présentent beaucoup trop de souterrains. — C'est cette considération qui avait fait résumer le projet primitif en ces termes :

15	kilomètres	sont en viaduc.
5	—	en tranchée à ciel ouvert.
13	—	seulement en souterrain.

Ce mot *seulement* (on l'a déjà remarqué) indique que M. le Ministre avait songé en effet à tenir compte de la répugnance invincible qu'éprouve la population de Paris pour tout projet souterrain.

Mais, en le félicitant de cette tendance, nous trouvons que le projet ministériel conserve encore une trop grande longueur de voies souterraines et que la proportion de 4/10, déjà considérable, prend une importance qu'on a eu raison de dire d'autant plus grande que les parties projetées en souterrain traversent précisément les quartiers les plus populeux de Paris.

Le reproche que nous adressons ici au projet présenté en avril dernier s'applique bien plus encore au projet modifié et presenté à la rentrée des Chambres; car ce second projet comporte, sur un total de 47 kilomètres, un parcours souterrain de 26 kilomètres.

La proportion des souterrains s'élève cette fois à 6/10 environ (plus de la moitié).

C'est là méconnaître absolument le principe qu'on avait précédemment admis, et nous protestons tout à fait contre une semblable solution.

En discutant les diverses sections du projet, nous indiquerons

celles qui, suivant nous, peuvent être transformées en parties aériennes, de manière à réduire, sur le total des 33 kilomètres primitifs, la longueur des lignes souterraines à 5 ou 6 kilomètres; la même proportion devant être gardée dans les additions du second projet.

Nous pouvons maintenant aborder la discussion proprement dite. Qu'on ne nous reproche pas trop d'avoir longuement insisté sur les considérations préliminaires.

Il nous a paru très important d'établir clairement et solidement tous les principes que la grande majorité du public compétent et autre a admis comme devant inspirer la construction et l'exploitation du Chemin de fer.

La critique du projet dans son ensemble et dans ses détails s'en éclairera bien mieux; elle se fera d'une manière bien plus sûre et bien plus rapide; et, pour le temps employé à cet examen approfondi, il nous sera facile de le regagner maintenant

---

SECONDE PARTIE

Construction du Métropolitain. (Directions générales, tracés, profils.)

Nous diviserons cette seconde partie, consacrée à l'examen de détail du projet ministériel, en trois points qui répondent aux trois points de vue suivants :

I. — La direction générale du tracé, le parcours des lignes, la façon dont les divers quartiers sont desservis ou devraient l'être, les communications avec la banlieue;

II. — Les raccordements des lignes métropolitaines entre elles et les raccordements avec les lignes des grandes compagnies ;

III. — Les profils en long et en travers des diverses sections; les parties souterraines et aériennes; les viaducs en métal ou en maçonnerie.

I. — ENSEMBLE DU TRACÉ

Commençons par l'ensemble du tracé.

Le projet ministériel présenté aux Chambres en avril dernier comprenait quatre lignes distinctes, dont une circulaire et trois transversales.

Directions générales. — Deux de ces lignes transversales constituent la jonction entre les deux groupes des grandes gares. Ce sont :

1° La ligne de la gare Saint-Lazare à la gare du Nord par, ou près le carrefour Drouot;

2° La ligne du carrefour Drouot à l'avenue Daumesnil.

Lignes transversales de jonction. — Cette dernière ligne aurait quatre voies ; et, du carrefour Drouot, où elle se raccorderait par un delta avec la précédente, elle se dirigerait parallèlement à la rue Montmartre, desservirait les Halles, s'infléchi-

rait le long de la rue Rambuteau, passerait dans le quartier du Temple derrière l'Hôtel de Ville, et finirait par deux branches, dirigées : la première sur les lignes de Vincennes, de Lyon et d'Orléans, la seconde vers le boulevard Richard-Lenoir et la ligne Métropolaine circulaire.

Cette direction d'ensemble de l'artère principale nous paraît bonne.

La ligne est tout entière en viaduc, solution que nous approuvons ; elle se raccorde convenablement aux gares de Vincennes et de Lyon ainsi qu'au premier tronçon du Métropolitain, allant de la gare Saint-Lazare à la gare du Nord.

Quant à ce tronçon, nous approuvons la 1re partie de son parcours, depuis la gare Saint-Lazare jusque derrière l'Opéra.

Mais de là, au lieu de lui faire suivre parallèlement la rue Lafayette au nord, il nous semblerait préférable de lui faire franchir la rue Lafayette et de la diriger parallèlement à la rue de Provence, entre cette rue et la rue Grange-Batelière, jusqu'au faubourg Montmartre de manière à se rapprocher du centre.

Aussitôt après la traversée du faubourg Montmartre se trouverait le sommet ouest du delta de raccordement avec l'artère centrale.

Mais ce n'est là qu'un point secondaire; et la modification principale que nous demandons pour cette section consiste à la faire entièrement aérienne et à ne pas l'enfoncer en souterrain à partir de la rue de Rocroy.

Raccordement avec les gares du Nord-Ouest. — Il nous semble indispensable de la faire monter peu à peu (dût-on pour cela commencer la rampe dès la gare Saint-Lazare) jusqu'au niveau de la gare du Nord, et d'obtenir le triple raccordement, aérien et rails à rails, du dit tronçon avec les grandes lignes du Nord et de l'Est d'une part, et d'autre part avec la ligne circulaire du Métropolitain qui aboutit en ce point par les boulevards Rochechouart et Magenta.

Si l'on ne faisait pas là ce raccordement complet et à niveau des trois lignes du Nord, de l'Ouest et de l'Est, il deviendrait peu utile d'établir l'artère centrale, comme on l'a définie ; car, sans la liaison des gares du Nord-Ouest avec celles du Sud-Est, la

communication directe entre les grandes lignes ne serait pas suffisamment établie.

La conception principale du projet Haag, que M. le Ministre semble avoir voulu adopter, ne serait pas entièrement réalisée, si les deux lignes transversales que nous venons d'examiner n'étaient pas aériennes et raccordées à niveau avec les six grandes lignes qui aboutissent à Paris.

Ne faire ici les choses qu'à moitié, c'est les gâter complètement ; et il vaudrait mieux abandonner tout à fait cette conception que de l'exécuter seulement en partie.

Qu'on fasse donc son choix avec courage.

Ou bien il faut résolument rejeter le troisième caractère que nous avons cru pouvoir attribuer au Métropolitain de Paris (savoir : l'intérêt général, national et même un peu international), et alors il est inutile d'établir la grande artère centrale ;

Ou bien, si l'on admet ce caractère, il faut que les extrémités de l'artère centrale se raccordent rails à rails avec les grandes lignes, et par suite que toute cette artère soit aérienne.

Les dernières communications faites à la commission du Métropolitain par M. le Ministre ne nous ont pas fait changer d'avis ; et les variations ministérielles sur ce point nous ont paru être dictées par des considérations étrangères au projet en lui-même.

Telles sont les réflexions que nous inspirent les deux premières lignes transversales du projet officiel.

Modification regrettable apportée par le second projet aux lignes de jonction. — Depuis sa présentation aux Chambres, le Conseil municipal de Paris a pris une délibération de laquelle il résulte que ces deux lignes seraient, en réalité, abandonnées, bien qu'on ne le dise pas expressément ; car l'on en rejette la construction (et encore éventuellement) après l'établissement d'une ligne qui ferait double emploi avec l'une d'elles, savoir une ligne des Batignolles à la place de la République. Et en effet, supposons cette dernière ligne construite : qui oserait alors réclamer l'établissement de la ligne Saint-Lazare-Lyon, si coûteuse par elle-même et dont la plus grande partie serait parallèle à une précédente, et dans son voisinage?

Nous n'hésitons pas à donner la préférence au premier projet du

Ministère, modifié comme l'indiquent les considérations que nous avons exposées.

Pour adopter la seconde solution il faudrait se placer au point de vue que je signalais tout à l'heure, c'est-à-dire rejeter le caractère d'intérêt général du Métropolitain. C'est une opinion qu'on peut très bien soutenir ; mais il faut le dire nettement, et alors on ne saurait plus demander à l'État une participation financière aussi considérable.

Si l'on ne conserve au Chemin de fer que le caractère urbain et suburbain, ce qui, je le répète, est une opinion très défendable, la base même du projet officiel est changée ; et il y a lieu alors de modifier complètement les conditions financières proposées. Nous avouons avoir été surpris de cette décision du Conseil municipal qui, retirant pour ainsi dire au projet son caractère général, empêche de justifier la grande part que l'État va prendre à la dépense. N'est-ce pas fournir un argument à ceux qui demandent qu'à Paris seul incombent les frais d'établissement du Métropolitain?

Il y a bien des gens qui soutiennent cette thèse. Elle a été défendue dans quelques départements lors de la réunion des Conseils généraux. Elle l'a été au sein de la Commission de la Chambre ; elle le sera encore en séance publique; et comme après tout la Chambre des députés ne renferme que 40 membres pour Paris et 540 pour les Départements, il y a lieu de s'inquiéter de cette opinion.

Dispositions de certains groupes de députés à l'égard du Métropolitain. — Permettez-moi, pour vous en donner une idée, de vous lire une page du compte rendu de la session du Conseil général du Pas-de-Calais, dont j'ai l'honneur de faire partie.

Le 3 mai 1886, cinq membres déposent la proposition suivante :
« Le Conseil général, considérant que le Chemin de fer Métropoli-
» tain, à Paris, intéresse exclusivement le département de la Seine.
» émet le vœu que l'État ne participe pas aux dépenses du Mé-
» tropolitain. »

Le vœu est renvoyé au 4e bureau qui, à la majorité, propose au Conseil de s'y associer.

Je pris alors la parole en séance pour exposer les raisons de la

minorité qui, dans le bureau, s'était prononcée, avec moi, contre ces conclusions.

Voici le compte rendu analytique :

M. Boudenoot dit qu'il n'est pas exact que le projet intéresse exclusivement le département de la Seine : le Chemin de fer Métropolitain n'est pas seulement d'intérêt local et départemental, il est aussi d'intérêt général ; l'exposé des motifs du projet de loi lui reconnait ce caractère ; toutes les Sociétés savantes ou techniques qui s'en sont occupées l'ont également reconnu.

Sans insister sur cette considération que Paris, capitale de la France, n'est pas une ville ordinaire, il y a des raisons techniques pour démontrer que ce projet n'a pas un caractère exclusivement local. — Le Chemin de fer Métropolitain a plusieurs buts : il remplacera, dans une certaine mesure, et il complétera les omnibus et tramways, facilitant ainsi la circulation intérieure; d'autre part, il permettra aux ouvriers et petits employés de Paris d'habiter la banlieue et résoudra en partie le problème des logements à bon marché. Ce sont là des avantages locaux. — Mais, en outre, il mettra en communication les gares du Nord-Ouest avec celles du Sud-Est, gares appartenant aux grandes lignes qui aboutissent à Paris et dont on ne peut contester le caractère d'intérêt général. Cela ne profitera pas seulement aux voyageurs parisiens, mais aussi à tous les voyageurs français et même étrangers. Par l'artère de jonction, le chemin de fer ne transportera pas seulement des voyageurs, il transportera aussi des marchandises. Une gare centrale sera établie aux Halles, où l'on pourra faire accéder les wagons des grandes lignes, les trains de marée venant de Calais, Boulogne ou Étaples.

A ce point de vue, de même qu'à celui des trains-express de Calais à Nice, à Brindisi, etc., l'intérêt général est évident. Et s'il n'y avait pas eu d'intérêt général, les grandes Compagnies n'auraient pas offert leur concours, comme elles l'ont fait.

Mais allons plus loin. A supposer même, ce qui n'est pas, que le Métropolitain soit un chemin de fer d'intérêt purement local, ce ne serait pas une raison suffisante pour que l'État n'intervînt pas dans la construction. Tous les chemins de fer d'intérêt local sont construits avec le concours de l'Etat : ceux de Lens à Frévent, d'Aire à Fruges, par exemple, que nous discutons actuellement, sont dans ce cas.

En vertu de la loi du 10 juillet 1880, si le Département vote une subvention pour un de ces chemins de fer, l'État y ajoute une somme équivalente. Pourquoi donc ferait-on une exception pour le Métropolitain ?

Le Conseil général ne voudra pas faire dire qu'il admet le concours de l'État en faveur de toutes les communes de France, à l'exception de Paris, qui serait ainsi mis hors la loi.

M. Graux répond qu'il n'est jamais entré dans sa pensée de créer un antagonisme entre Paris et la Province ; mais le Chemin de fer Métropolitain sera dans une situation exceptionnelle qui permettra de ne pas lui prêter le concours de l'État.

Les principaux avantages qu'il procurera seront de faire baisser les loyers et d'attirer dans la banlieue les ouvriers de Paris ; ce sont là des avantages qui intéressent exclusivement la population parisienne.

Il n'est pas nécessaire d'encourager les grands travaux publics qui entraînent la dépopulation des campagnes. Beaucoup d'ouvriers vont ainsi à Paris ; ils ne reviennent plus ; et, quand arrive le chômage, ils tombent dans la misère. On ne peut pas empêcher ce mouvement ; mais au moins faut-il ne pas employer l'argent des contribuables à le favoriser.

Quant à dire que Paris serait ainsi mis hors la loi, c'est un argument difficile à soutenir. Lens et Frévent, Aire et Fruges n'ont pas, comme Paris, un budget de 250 millions avec lequel on peut suffire à tous les moyens de transport.

L'orateur insiste donc pour que le Conseil général vote les conclusions du Rapport.

M. Boudenoot maintient que le Métropolitain ne sera pas avantageux seulement pour Paris. Mais quand ce serait un simple chemin de fer d'intérêt local, n'ayant que des avantages locaux, il y aurait lieu de lui accorder une subvention comme aux autres.

Que Paris soit riche, ce n'est pas une raison pour l'excepter du bénéfice de la loi de 1880, qui ne fait aucune distinction entre les communes.

En un mot, M. Graux n'a pas répondu à l'observation suivante : Est-il juste que les contribuables parisiens participent aux dépenses d'un chemin de fer d'intérêt local quelconque de tous les départements, comme ils le font de par la loi de juillet 1880, et qu'ils *ne jouissent pas* du bénéfice de la réciprocité ?

D'ailleurs, quand l'orateur a dit qu'on voulait mettre Paris hors la loi, il n'a entendu parler ici que de la loi sur les chemins de fer d'intérêt local; et il est certain que refuser toute subvention au Métropolitain, c'est mettre Paris hors la loi... de 1880. Il estime que ses arguments n'ont pas été détruits et persiste à repousser les conclusions du Rapport.

Après cette discussion on passa au vote, et je fus battu ; malgré ma défaite, je n'ai pas changé d'avis et je ne partagerai jamais cet esprit étroit et exclusif qui consiste à opposer entre eux les intérêts de la Province et de Paris.

Mais j'ai cru bon de vous signaler cette tendance, qui, paraît-il,

est assez répandue dans certains groupes de députés, et qui pourrait amener le rejet du Chemin de fer Métropolitain.

En tout cas, vous reconnaîtrez avec moi qu'il est curieux que cette doctrine antiparisienne trouve en quelque sorte un appui indirect dans les décisions prises par les représentants de la Ville de Paris.

Comment et quand on pourra construire les lignes transversales de jonction.— Pour nous, qui avons approuvé les idées exposées dans le préambule du projet ministériel, et nous en avons exposé longuement les raisons, nous repoussons cette solution, et nous demandons : *qu'on décide dès à présent la création des deux lignes transversales du premier projet ministériel, avec les modifications que nous avons signalées ; qu'on les concède d'une façon ferme et définitive, mais qu'on ne les construise qu'après avoir établi les lignes d'intérêt purement urbain et suburbain, et en les combinant avec des opérations de voirie.*

Ce double caractère seul est celui que doivent présenter, à notre sens, toutes les autres parties du Métropolitain.

C'est donc à ce point de vue que nous allons examiner les deux dernières lignes du projet ministériel savoir : 3° la ligne transversale de la place de Strasbourg à la place Denfert-Rochereau, et 4° la ligne circulaire intérieure.

Ligne transversale Nord-Sud. — Pour cette ligne transversale, nous en approuvons la direction d'ensemble, qui est tout indiquée. Mais nous rejetons la solution souterraine qui est proposée pour elle.

On n'en sera pas étonné après ce que nous avons dit à ce sujet dans nos considérations préliminaires.

Si pour cette ligne qui, plus que toutes les autres, a un caractère purement urbain, l'on admet une solution qui répugne aux Parisiens, c'est s'arranger de manière à avoir peu ou pas de voyageurs.

Ce n'est pas là ce que l'on cherche, j'imagine, et, par suite, je demanderai qu'on établisse pour cette section un tracé aérien.

J'estime, en outre, au point de vue technique, qu'il est dangereux de descendre du niveau relativement élevé de la gare de l'Est jus-

que bien au-dessous du lit de la Seine, pour remonter au niveau de la gare de Sceaux en traversant des terrains peu solides comme ceux des environs de l'École des Mines et du Luxembourg.

Il est bien entendu qu'il n'est pas besoin ici, comme pour l'artère centrale, d'un viaduc en maçonnerie à quatre ou même deux voies.

Il suffira, à notre avis, de faire pour cette section un choix entre les diverses solutions aériennes légères qui vous ont été présentées.

Le projet Garnier, le projet Milinaire, tous deux consistant en viaducs métalliques à voies superposées, me paraissent en cette circonstance devoir attirer tout spécialement l'attention.

Ligne circulaire intérieure. — Passons enfin à la ligne circulaire.

Pour cette dernière, j'adopte presque entièrement ce qui est proposé, mais je trouve qu'il y a beaucoup à y ajouter, si l'on ne veut pas faire une œuvre trop incomplète.

Voici les points qu'il nous paraît bon de modifier ou d'ajouter :

J'ai déjà dit qu'aux boulevards Rochechouart et Magenta il me semble souhaitable que le tracé soit aérien, et le raccordement avec l'artère centrale complet et à niveau.

C'est un premier point à noter ; un second point est relatif à la section qui s'étend de la gare d'Orléans à la gare Montparnasse.

Cette section est en souterrain depuis la Halle aux Vins jusqu'au boulevard de Vaugirard, et il est présenté deux variantes au tracé : l'une suivant la rue des Écoles, l'autre passant sous la Montagne Sainte-Geneviève. Nous pensons qu'il faut donner la préférence au tracé suivant la rue des Écoles, de manière à maintenir la ligne parallèlement au boulevard Saint-Germain ou sur le boulevard Saint-Germain lui-même jusqu'à la rue de Rennes, et nous ajoutons que dans ces conditions toute cette partie de la ligne peut rester aérienne.

Nous nous souvenons, en effet, qu'il y a quelques années à peine des tassements et des effondrements se sont produits près de l'École des Mines, à la Montagne Sainte-Geneviève, et il est bon de tenir compte de ces indications.

Ce sont là les deux seuls points de la ligne circulaire qui nous paraissent devoir être modifiés. Mais il est un point très important

à ajouter; et, si l'on ne voulait ou pouvait l'ajouter qu'en réalisant par ailleurs une suppression, nous n'hésiterions pas à demander qu'on supprimât toute cette dernière section du cercle intérieur (depuis la gare d'Orléans jusqu'à la gare Montparnasse) et qu'on la remplaçât par le véritable complément de la ligne circulaire.

Complément nécessaire de la ligne circulaire intérieure. — Ce véritable complément, sans lequel nous considérons que la circulation urbaine du Métropolitain serait fort incomplète et les services que la classe ouvrière doit en attendre absolument méconnus, c'est, selon nous, le prolongement du tracé sur les boulevards extérieurs à partir du boulevard Rochechouart.

Comment! nous allons construire un Métropolitain auquel nous voulons donner un caractère de grand intérêt, de grande utilité pour l'ouvrier, et nous ne ferons pas passer le Chemin de fer sur les boulevards de la Chapelle, de la Villette, de Belleville et de Ménilmontant, etc., au milieu de ces hauts quartiers où le peuple foisonne, tandis que nous le ferons passer dans les quartiers riches des avenues Kléber, de Courcelles et autres !

Ce serait, Messieurs, un non-sens, un déni de justice envers la population ouvrière de Paris ; ce ne serait pas une solution démocratique, comme nous devons l'attendre du temps où nous vivons et du gouvernement que nous avons.

Nous sommes étonné que la délibération du Conseil municipal ne porte pas trace de ces préoccupations.

J'y vois bien qu'on a remplacé la section dont je parlais tout à l'heure (de la gare d'Orléans à la gare Montparnasse par ou près le boulevard Saint-Germain) par une autre section plus excentrique ayant les mêmes extrémités, mais passant par les boulevards Saint-Jacques, d'Italie et de la Gare.

Quartiers ouvriers à desservir. — J'adopte volontiers cette variante, conçue en faveur des quartiers ouvriers du Sud-Est, mais je réclame énergiquement une solution analogue en faveur des quartiers ouvriers du Nord-Est, et il me semble juste, utile, nécessaire de desservir convenablement les XIXe et XXe arrondissements.

Pour cela, je demande qu'à partir du boulevard Rochechouart,

le tracé se poursuive par les boulevards de *la Chapelle*, de *la Villette*, de *Belleville* et de *Ménilmontant;* pour se diriger de là, par ou près l'avenue Philippe-Auguste, vers la station de Reuilly, où se ferait le raccordement avec la ligne de Vincennes.

Notez que toute cette partie du tracé est la moins chère à établir. On peut la construire en tranchée ouverte et peu profonde, comme le projet ministériel le propose pour la section qui s'étend entre la place de l'Étoile et la gare du Nord. Peut-être même, en quelques points de ce parcours, le Chemin de fer pourrait-il être établi à niveau, comme les tramways actuels.

Telles sont, Messieurs, les observations que je voulais présenter sur la direction générale du tracé et sur la façon dont les divers quartiers peuvent être desservis.

Service de la banlieue. — J'aurai tout dit sur ce sujet en rappelant que dans la première partie de cette étude j'ai indiqué, en passant, que pour le service de la banlieue il serait bon d'ajouter au tracé proposé celui d'une ligne desservant Bagnolet, les Lilas et Romainville. Cette section nous paraît plus utile, plus avantageuse pour la population ouvrière que, par exemple, l'addition suggérée par le Conseil municipal, qui propose une ligne de la porte Maillot à la place de l'Étoile. Ce tronçon nous paraît devoir faire double emploi avec le chemin de fer de Ceinture actuel, le jour où la Ceinture sera raccordée avec le Métropolitain.

Il n'aurait pour objet que de faire gagner quelques minutes à des voyagenrs dont la presque totalité est composée de promeneurs.

Pour cette catégorie de voyageurs, que peuvent faire quelques minutes de plus ou de moins ? Je crois que l'on peut fort bien se passer maintenant de ce tronçon, qui ne saurait acquérir de véritable utilité pour la grande masse du public qu'après la construction éventuelle de la ligne de Puteaux et Suresnes. J'estime au contraire que la ligne, reliant le centre de Paris et aussi les quartiers ouvriers des XIXe et XXe arrondissements avec la banlieue de l'Est, est immédiatement très utile, et j'en demande l'adoption.

Son tracé est bien simple à indiquer. Il paut partir de la place de la République, suivre l'avenue de la République et se continuer

jusqu'au plateau de Romainville en desservant toute cette banlieue jusqu'ici vraiment déshéritée ; on pourrait la raccorder à Noisy-le-Sec avec la Grande-Ceinture.

Le second projet ministériel, ainsi que nous l'avons déjà dit, a tenu compte de ces considérations et propose l'adoption de cette ligne. Mais il ne la propose qu'éventuellement, tandis qu'il comporte, à titre définitif, le tronçon de l'Étoile à la porte Maillot. Je ne peux pas m'empêcher de trouver ici que c'est plutôt l'inverse qu'il faudrait faire.

Sans cette ligne nouvelle de banlieue, comme aussi sans le complément de la ligne circulaire, on mériterait véritablement le reproche que MM. Vauthier et Deligny font si justement au projet officiel : d'emprisonner rigoureusement la circulation parisienne dans le polygone formé par les gares des grandes lignes et de ne lui laisser d'issue vers le dehors qu'en empruntant celles-ci.

Il faut donc se ménager pour l'avenir des échappées sur la banlieue ; et pour les parties suburbaines, que les lignes actuelles traversent en nombre à peu près suffisant, leur liaison avec l'intérieur de Paris doit être assurée par une bonne intercommunication, et par des raccordements convenables des lignes Métropolitaines entre elles, et du Métropolitain avec les lignes existantes aujourd'hui.

II. — LIAISON DES LIGNES MÉTROPOLITAINES ENTRE ELLES ET AVEC LES GRANDES LIGNES

Raccordement du Métropolitain avec les lignes actuelles. — C'est là le deuxième point que nous avons à examiner et nous pourrons le faire très rapidement; car les diverses faces de toute cette grande entreprise s'entremêlent tellement, qu'à diverses reprises déjà nous avons parlé de ces raccordements.

Ainsi, nous avons très nettement demandé le raccordement complet et à niveau de l'artère centrale avec les six grandes lignes des chemins de fer qui aboutissent à Paris.

Le projet ministériel nous paraît ici défectueux; car, si le raccordement s'effectue bien rails à rails, il ne se fait que très loin

des gares existantes, pour les lignes du Nord, de l'Est, d'Orléans et d'Ouest-Montparnasse.

Pour cette dernière, on peut encore l'accepter tel quel, parce que la gare d'Ouest-Saint-Lazare est convenablement raccordée. Mais pour les autres il nous paraît utile d'étudier les modifications que nous avons indiquées précédemment.

Raccordement des lignes Métropolitaines entre elles. — Quant au raccordement des lignes Métropolitaines entre elles, nous avons dit notre avis à ce sujet.

Qu'on les soude autant que possible à leurs extrémités; mais on ne peut exiger de les raccorder quand elles se coupent à angle droit.

Ainsi, l'artère centrale traverse perpendiculairement le boulevard Sébastopol. D'après nous, la ligne transversale parallèle à ce boulevard serait un viaduc métallique passant au-dessus du viaduc de l'artère centrale.

D'après le projet officiel, cette ligne serait en souterrain.

Dans un cas comme dans l'autre, il serait puéril de chercher un raccordement rails à rails, en un point où les lignes sont perpendiculaires entre elles.

D'après nos indications, le raccordement complet, rails à rails, s'effectuerait : à la gare Saint-Lazare; près le carrefour Drouot; aux gares de l'Est et du Nord; aux gares de Vincennes, de Lyon et d'Orléans; et aussi à la place de la République et au boulevard de Ménilmontant, entre la ligne circulaire et la ligne de banlieue; puis à la gare de Sceaux, entre la ligne de Sceaux et la ligne métropolitaine venant de la gare de l'Est; enfin au chemin de fer d'Orléans, entre la ligne d'Orléans et la section circulaire excentrique proposée par le Conseil municipal de Paris suivant les boulevards Saint-Jacques, d'Italie et de la Gare.

Aux autres points de croisement, il y aurait correspondance sans raccordement.

III — CHOIX ENTRE LES TRACÉS AÉRIEN, SOUTERRAIN, A NIVEAU, EN TRANCHÉE.

Cela dit, pour terminer la seconde partie de notre étude, il ne nous reste plus qu'à examiner les profils des diverses sections et à indiquer un choix entre les modes de tracé: aérien, souterrain, en tranchée, etc.

Comme pour les raccordements, on a déjà eu l'occasion de donner, au cours même de cette étude, de nombreuses indications à cet égard, il nous suffira donc maintenant d'ajouter quelques observations complémentaires et de faire une revue rapide des sections.

Lignes transversales de jonction à établir sur viaduc maçonné. — Pour les trois lignes transversales nous avons nettement exprimé nos préférences. Les deux premières, dont l'une est l'artère centrale et l'autre le complément de cette artère centrale, nous paraissent devoir être établies sur viaduc en maçonnerie et porter quatre voies. Nous estimons qu'elles peuvent occuper le centre d'une large rue de 36 mètres environ, et que le percement de cette grande avenue doit être conçu à la fois comme une opération de voirie et comme une création de chemin de fer de rues nouvelles. Nous examinerons, dans notre troisième partie, les conséquences financières de ce principe.

Ligne transversale Nord-Sud à établir sur viaduc métallique. — Pour la troisième ligne transversale, allant de la gare de l'Est à la gare de Sceaux, nous demandons qu'elle soit aérienne et non souterraine, et que l'on y applique la solution que l'on jugera la meilleure entre celles qui ont été ici même proposées dans ce sens, par exemple les viaducs métalliques à voies superposées de MM. Garnier, Milinaire et autres.

Ligne circulaire, partie en souterrain, partie en viaduc, partie en tranchée et partie à niveau. — Pour la ligne circulaire, telle que la comporte le projet officiel

nous admettons le tracé indiqué, sauf pour la section comprise entre la Halle aux vins et la rue de Rennes, que nous proposerions de construire à l'air libre.

On établirait les voies sur un viaduc métallique, ou bien en les superposant, ou bien en les juxtaposant, soit qu'on emprunte lès rues existantes, soit qu'on crée ici une voie nouvelle voisine des précédentes, destinée à loger le chemin de fer. En somme, c'est le projet Heuzé, ou tout autre analogue, qui aurait ici son application.

Mais nous rappelons que nous avons admis que toute cette section peut être abandonnée, si cette compensation est nécessaire pour obtenir que la ligne circulaire s'étende sur tous les boulevards extérieurs.

Quant à cette grande ligne circulaire des boulevards extérieurs remplaçant les tramways actuels, j'approuve sa construction en tranchées ouvertes, mais à la condition que ces tranchées soient peu profondes, et que les voyageurs aient souvent la vue libre sur les côtés. Peut-être même, en quelques parties, pourrait-on admettre le passage à niveau. En tout cas, dans les parties en tranchées, on devra avoir soin de ménager des communications entre les deux côtés du chemin de fer, par des passerelles pour voyageurs, et des ponts pour les voitures, qui devront être disposés à des intervalles convenables et en des endroits bien choisis.

Ligne de banlieue Est, sur viaduc, en souterrain et à niveau. — Enfin, la ligne de banlieue Est, que nous réclamons comme adjonction au réseau Métropolitain et qui partirait de la place de la République pour se diriger sur le plateau de Romainville, pourrait être établie en viaduc maçonné ou métallique, ou bien en souterrain, suivant les diverses parties du tracé intérieur à la ville. La création de la section, comprise dans la partie de l'avenue de la République non achevée, pourrait s'associer au percement de cette voie nouvelle.

En dehors de Paris, le Chemin de fer pourrait être construit comme nos autres lignes de banlieue.

En résumé, sur 63 kilom. environ de parcours, le Métropolitain n'aurait pas plus de 8 à 9 kilom. de voies souterraines.

Il présenterait :

6 kilomètres de viaducs en maçonnerie avec quatre voies;
3 à 4 kilomètres de viaducs en maçonnerie avec deux voies;
14 à 16 kilomètres de viaducs métalliques;
28 à 30 kilomètres de sections en tranchées peu profondes.

Par cette disposition, il est vraiment tenu compte de la répugnance invincible du Parisien pour les souterrains; on évite ce double passage sous la Seine, à 20 mètres au-dessous des quais, dont MM. Vauthier et Deligny ont signalé le danger et le prix exorbitant; on fait intervenir un autre facteur financier dans la dépense la plus grosse; on assure, par les diverses espèces de viaducs maçonnés et métalliques, une heureuse variété à l'œuvre tout entière, et l'on fait sa vraie part à la construction métallique, qui est celle de l'avenir.

Nous passons maintenant à la troisième partie.

TROISIÈME PARTIE

Exploitation du Métropolitain.

Nous l'examinerons d'abord au point de vue technique du mouvement et de la traction, puis au point de vue commercial des Tarifs.

Mouvement des trains. — Commençons par le mouvement. Ce ne sera pas une mince et facile besogne que l'organisation du mouvement des trains sur toutes les lignes métropolitaines. La Compagnie du Métropolitain devra d'abord, nous semble-t-il, séparer résolument, non seulement dans la conception mais encore d'une façon matérielle, le service général d'avec le service urbain et suburbain. A cet effet l'installation de quatre voies sur l'artère centrale est vraiment indispensable.

Deux de ces voies devront être réservées au trafic général ; les deux autres au trafic local.

Pour le trafic général, ce sont les grandes Compagnies qui auront, pour ainsi dire, à en déterminer le service au moyen d'une entente commune à établir entre elles et la Compagnie métropolitaine. Ce sera là un service tout à fait à part et qui exigera une direction distincte, rattachée d'ailleurs à la direction générale.

Les deux voies réservées au trafic local feraient réellement partie du réseau urbain et de banlieue.

Le mouvement en sera compris dans le service d'ensemble du réseau Métropolitain.

Ce service d'ensemble du mouvement devra être déterminé par la Compagnie Métropolitaine, qui en aura toute la direction, et qui, pour l'établir, devra néanmoins s'entendre encore avec le service de banlieue des grandes Compagnies.

Enfin, il y aura lieu aussi de s'aboucher avec la Compagnie générale des Omnibus, ainsi que nous l'avons dit au début de cette étude; car nous pensons avec M. Tellier : « que tout Métropolitain, ne se complétant pas par un réseau d'omnibus bien combiné, reste une œuvre imparfaite. »

L'exploitation par circuits pour les lignes intérieures à la Ville devra se combiner avec le mouvement des trains venant de la banlieue. Il est à souhaiter que de toutes les gares des lignes de banlieue on puisse prendre des billets pour toutes les gares du Métropolitain proprement dit, afin que, si l'on a à changer de train, ce qui sera inévitable en beaucoup de cas, on n'ait pas du moins à rendre un ticket et à courir au guichet pour en prendre un autre.

Enfin, pour éviter, autant que possible, ces changements, certains trains venant de la banlieue devront traverser la Ville suivant des directions à déterminer, et, à cet effet, être compris dans l'exploitation par circuits.

Il faudra aussi se préoccuper de simplifier et de rendre plus rapide la distribution des billets; nous indiquerons plus loin, à propos des tarifs, la méthode que nous pensons qu'on pourrait peut-être heureusement adopter à cet égard.

Quoi qu'il en soit, on voit que toutes ces questions sont ardues et complexes; on aura besoin de beaucoup de bonne volonté, il faudra apporter à leur étude un véritable esprit de concorde et d'union pour en donner une solution satisfaisante.

L'appui énergique de l'État et de la Ville, leur intervention conciliatrice entre les divers intérêts en présence ne devront pas faire défaut à l'entreprise, sous peine d'échec partiel ou total.

Traction. — En ce qui concerne la traction, nous dirons peu de chose; car c'est surtout aux ingénieurs compétents et expérimentés en la matière qu'il faut remettre le soin de faire un choix entre les divers modes de traction.

Nous souhaitons seulement que cette question soit sérieusement étudiée à part, pendant tout le temps de la construction du chemin de fer, de façon à pouvoir être résolue avant le jour où la ligne sera mise en exploitation.

A cet effet, une Commission d'ingénieurs chargée de procéder à des essais comparatifs et à des expériences approfondies pourrait rendre d'importants services.

Tarifs. — J'arrive enfin à la question commerciale des tarifs, des prix, et de la distribution des billets.

Je n'examinerai cette question qu'en ce qui concerne les voyageurs. Car, pour les marchandises, elles ne passeront sur le Métropolitain que par les deux voies de l'artère centrale réservées au trafic général ; encore n'y passera-t-il guère que les marchandises à destination du centre même de Paris, les colis de messagerie et les wagons destinés à l'approvisionnement des Halles. Le reste des marchandises passera de préférence par la Grande et la Petite Ceinture.

Quant aux tarifs pour voyageurs et au mode de perception, nous regrettons que le projet ministériel ne présente pas une méthode moins compliquée et plus rapide que celle que nous ont léguée les errements antérieurs.

Il eût été opportun, à notre avis, de s'inspirer ici des idées de progrès et de simplification si chères à la population parisienne; sans établir l'unification absolue des tarifs, il nous semble qu'on aurait pu tenir compte dans une certaine mesure des aspirations et des désirs dont presque tout le monde a reconnu la vivacité.

Au lieu de cela on nous propose trois classes de voyageurs, alors qu'on aurait pu fort bien se contenter de deux classes; puis l'on maintient l'antique méthode qui consiste à délivrer des billets de valeur différente à, et pour chaque station.

Enfin, au point de vue du prix des billets en lui-même, il nous paraît encore élevé. Les moyennes kilométriques de 10 centimes pour la 1re classe, 7 1/2 pour la 2me classe, et 4 centimes pour la 3me classe ne sont pas fort attrayantes. Bon nombre de personnes qui ont établi des prix moyens de voyage sur ces données, sont arrivées à la même conclusion que nous. M. Tellier a calculé que le coût moyen des transports dans Paris par le Métropolitain serait, d'après les chiffres proposés, le double du coût moyen des transports par les omnibus.

Distribution des billets. — Quant au mode de délivrance des billets, cet ingénieur fait justement observer qu'il est trop long et trop compliqué.

Il se demande s'il n'est pas fâcheux d'avoir à faire, pour chaque ticket à distribuer, les opérations suivantes (encore ne raisonne-t-il que sur les 64 stations du Métropolitain proprement dit; mais c'est en réalité sur un nombre de 120 à 150 stations qu'il

faut raisonner, car, nous l'avons vu, il y a lieu de considérer aussi les stations de toutes les lignes de banlieue) :

Il faudra, dit-il, obliger les gens pressés, affairés, de s'arrêter au guichet et de jeter à la buraliste :

Le nom de la station,

La catégorie de la place désirée,

La pièce d'argent possédée.

Puis la buraliste sera forcée :

De choisir entre 150 catégories de billets multipliés par le nombre des classes, c'est-à-dire, dans l'espèce, entre 450 catégories ;

De rendre la monnaie ;

De répondre aux demandes des voyageurs. Voilà évidemment plusieurs sources d'ennui, d'erreurs, de perte de temps.

Ces inconvénients se feront sentir tous les jours, mais d'une manière bien plus grande les jours de foule.

N'y a-t-il pas moyen de les éviter, de les atténuer tout au moins ; de réduire les diverses opérations, de simplifier considérablement, sinon d'unifier, les tarifs, et en même temps de les abaisser?

Nous croyons qu'on le peut et nous allons exposer le système que nous avons conçu à cet effet. Nous ne prétendons pas qu'il soit unique et parfait. Nous n'avons d'autre désir que d'émettre une idée qu'on pourra discuter, modifier, améliorer ; et si, en attirant l'attention sur ce point, notre exposé donne seulement naissance à quelque procédé meilleur que celui que nous critiquons, ce sera déjà un heureux résultat.

Billets kilométriques. — Le système que nous proposons consisterait à délivrer dans chaque station du Métropolitain proprement dit et dans chaque gare de la banlieue (guichet Métropolitain) des billets *kilométriques*, permettant de se rendre, de la gare où le billet a été pris, à toutes les stations dont l'éloignement ne dépasse pas le nombre de kilomètres inscrits sur le billet.

De cette façon on n'aurait pas plus d'environ une quinzaine de billets différents à distribuer, une trentaine en admettant deux classes de voyageurs (1re et seconde); — car nous repoussons l'idée d'avoir trois classes sur les trains ordinaires du Métropolitain et nous n'admettons de 3me classe que pour les trains spéciaux à prix réduits, établis à certaines heures du matin et du soir.

Entrons dans quelques détails pour bien nous faire comprendre. Supposons que les plus longs parcours sur le Métropolitain (Ville et Banlieue) soient de 30 kilomètres. S'ils allaient jusqu'à 35 ou 40 kilomètres, il suffirait d'ajouter deux ou trois termes à la série que nous allons développer.

Voici quels seraient les tarifs :

Billets kilométriques

TABLEAU N° 1.

		DISTANCES	2e CLASSE	1re CLASSE	COULEURS DES BILLETS
A	1	de 0m à 800m	1 sou	2 sous	Blanc
	2	de 800m à 2k000	2 —	4 —	Bleu
	3	de 2k000 à 3k500	3 —	6 —	Rouge
	4	de 3k500 à 5k000	4 —	8 —	Jaune
	5	de 5k000 à 6k500	5 —	10 —	Vert
	6	de 6k500 à 8k000	6 —	12 —	Blanc-Bleu
B	7	de 8k000 à 10k000	8 —	14 —	Blanc-Rouge
	8	de 10k000 à 11k500	9 —	15 —	Blanc-Jaune
	9	de 11k500 à 13k000	10	16 —	Blanc-Vert
C	10	de 13k000 à 15k000	12 —	21 —	Bleu-Rouge
	11	de 15k000 à 17k000	14 —	23 —	Bleu-Jaune
	12	de 17k000 à 19k000	16 —	25 —	Bleu-Vert
D	13	de 19k000 à 22k500	18 —	29 —	Rouge-Jaune
	14	de 22k500 à 26k000	21 —	34 —	Rouge-Vert
E	15	de 26k000 à 30k000	24 —	39 —	Jaune-Vert

Pour la 1re et la 2e classe on distribuerait, dans toutes les stations, des Aller et Retour, avec réduction de 25 0/0. Le départ au retour, pourrait s'effectuer dans toutes les gares auxquelles le billet d'aller donnerait droit de descendre.

Trains à prix réduits. — Nous conservons les trains spéciaux à prix réduits, à certaines heures du matin et du soir. Ces trains n'auraient pas de voitures de 1re classe. Celles-ci seraient remplacées par des wagons de 3e.

Dans ces trains spéciaux, les tarifs seraient pour la 2e classe les prix du tableau réduits de 30 0/0; et pour la 3e classe, les mêmes prix réduits de 50 à 55 0/0.

Abonnements. — Enfin des abonnements de trois mois, six mois et un an, seraient délivrés à des conditions déterminées.

Quant au mode de distribution et de perception, on voit combien il est simplifié.

Le voyageur qui sait à quelle distance il se rend demande, par exemple, un billet de 16 kilomètres (2e classe); on le sert immédiatement.

Impression du billet. — Sur le billet délivré se trouvent inscrits, imprimés au recto :

Le titre : Métropolitain ;
Le nom de la station de départ ;
Le nombre de kilomètres ;
Le prix du billet.

Et au verso :

Le nom de toutes les stations dont la distance est égale ou inférieure à 16 kilomètres, et auxquelles il peut descendre.

Le voyageur qui ignore les distances donnera, comme aujourd'hui, à l'employé le nom de la station où il veut descendre, et le buraliste, bientôt mis au courant des distances, lui délivrera alors le billet kilométrique correspondant.

Tableau-casier des tickets. — Un tableau placé sous les yeux de l'employé facilitera d'ailleurs sa tâche.

Considérons, par exemple, la gare d'Asnières (guichet du Métropolitain). La même disposition se reproduit dans toutes les gares.

Un tableau disposé ainsi qu'il suit sera mis à portée du buraliste.

Tableau-Casier

TABLEAU N° 2.

DISTANCES KILOMÉTRIQUES →	De zéro à 800^m	De 800^m à 2^{k}000	etc.	De 26^{k}000 à 30^{k}000
PRIX →	1 sou	2 sous	»	24 sous
NOMS DES STATIONS DE DESTINATION PERMISE POUR CHAQUE BILLET →	Colombes Bois-Colombes Levallois etc.	*a* *b* etc.	»	A B C D
COULEUR DES BILLETS →	Blanc	Bleu	»	Jaune-Vert
CASES CONTENANT LES BILLETS →	Case	Case	»	Case

Il est divisé en seize colonnes verticales et en quatre rangées horizontales.

La 1re colonne sert à la désignation. Les 15 autres colonnes correspondent chacune successivement à l'une des 15 catégories de billets kilométriques. Dans les rangées se trouvent indiquées : les distances kilométriques; les prix des tickets; les noms des stations de destination permises pour chaque billet; la couleur de chaque catégorie de billets.

Immédiatement au dessous du tableau, et en bas de chaque colonne, se trouvent les cases contenant les billets de la catégorie correspondante.

Avec un casier surmonté d'un pareil tableau (il y en aura un à droite pour les billets de 1re classe, et un à gauche pour les billets de 2e classe), le buraliste ne peut pas se tromper.

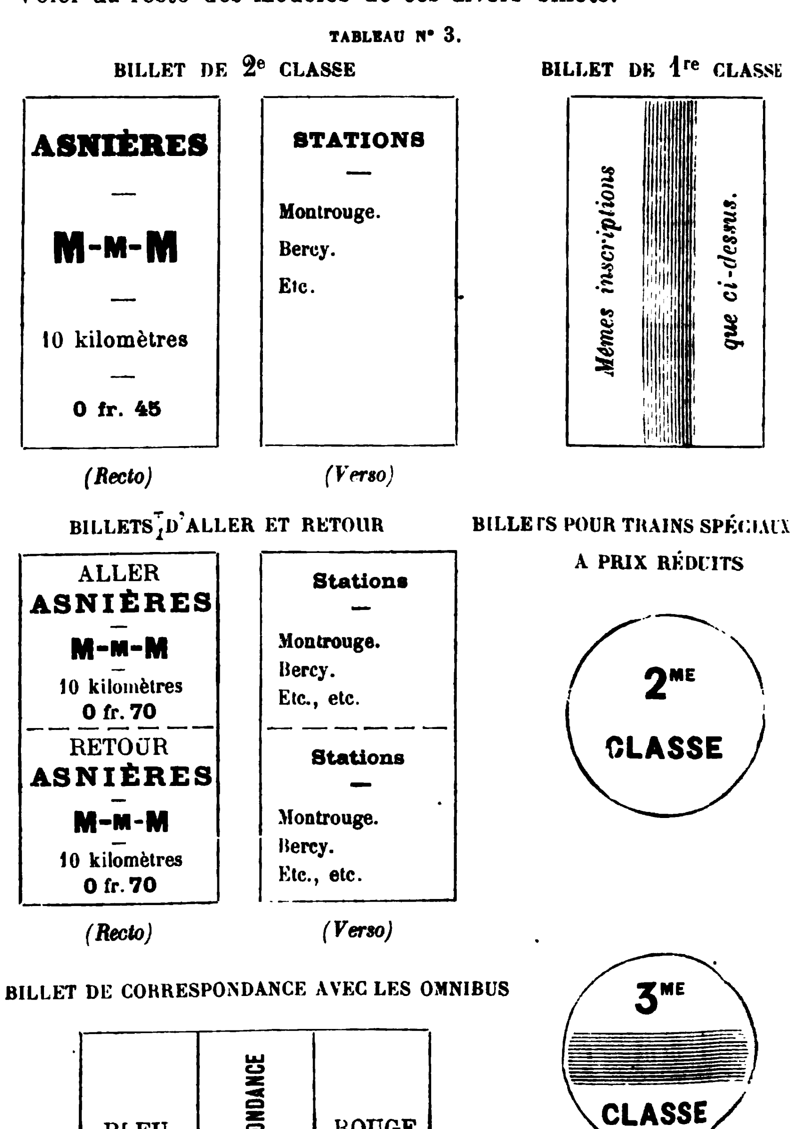
Si on lui demande un billet de 16 kilomètres, il le donne immédiatement. Si on lui indique le nom d'une station, il pourra hésiter deux secondes dans les premiers temps, mais il donnera bientôt tout aussi vite le billet convenable.

Modèles des billets. — D'après ce qui précède, il y aurait 15 billets différents. Pour faciliter le contrôle et le service

chacun d'eux se distinguera par sa couleur, ainsi qu'il est indiqué au tableau. Les billets de 1re classe se distingueront des billets de 2e classe par une barre transversale dans la longueur du billet.

Voici du reste des modèles de ces divers billets.

TABLEAU N° 3.



Les billets des trains spéciaux seraient ronds au lieu d'être rectangulaires. On pourrait en prendre 10, 20, 30 à la fois.

Les abonnés recevraient des cartes.

Les billets d'aller et retour seraient séparables par le milieu, suivant le mode accoutumé.

Enfin des correspondances seraient données pour les omnibus, par un ticket de couleur spéciale (tricolore, par exemple) le distinguant des billets de chemin de fer proprement dits. Quand un voyageur demanderait une correspondance dans une gare métropolitaine, il paierait deux sous en sus du prix du billet de chemin de fer qui lui serait délivré : il pourrait alors prendre tous les omnibus stationnant ou passant à la gare où il descendrait.

Inversement on pourrait, en omnibus, demander une correspondance pour le Métropolitain; et avec elle on paierait deux sous de moins le billet pris à la gare métropolitaine où l'on monterait dans le train.

Prix des places. — Quant à leur prix, il suffit de les comparer avec les tarifs kilométriques du projet ministériel, pour voir tout de suite qu'ils sont beaucoup moins élevés.

Si l'on jugeait qu'ils sont trop bas, et qu'il est indispensable de les relever pour n'avoir pas des recettes trop infructueuses, on pourrait, sans toucher aux tarifs des six premiers billets, qui constituent une série correspondante aux trajets des omnibus et tramways, augmenter le prix de tous les autres billets, soit d'un sou, soit de deux sous, en modifiant ou non un peu le tableau des distances.

Ce serait là l'objet d'un examen minutieux et statistique, auquel il faudrait procéder avec beaucoup de prudence et de précaution.

Même après ces augmentations, on aurait encore des tarifs plus avantageux pour le public que ceux du projet ministériel.

Telles sont, Messieurs, les idées suivant lesquelles on pourrait peut-être essayer de constituer pour les lignes métropolitaines une exploitation commerciale plus simple et plus facile, plus attrayante pour les voyageurs, que celle qui serait établie d'après les anciennes méthodes. Nous livrons ces idées à la discussion, et nous passons maintenant à la conclusion et au résumé.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Régime légal et financier.

Avant de nous résumer et de conclure, il nous faut dire un mot du régime légal et financier auquel sera soumis le Chemin de fer Métropolitain.

Régime légal. — M. le Ministre propose une organisation nouvelle ; une Compagnie exploiterait sous la garantie de l'Etat, et en partie aussi, de la Ville de Paris. Elle fournirait le capital nécessaire à la construction, mais ne construirait pas ; c'est l'Etat qui ferait faire les travaux par ses Ingénieurs.

La Compagnie d'exploitation serait administrée par un Conseil composé de 12 membres, dont 8 nommés par les Actionnaires, 2 par l'Etat, 2 par la Ville de Paris.

La direction serait laissée à un Gouverneur choisi par l'État et dont les attributions seraient analogues à celles des Gouverneurs du Crédit foncier et de la Banque de France.

A priori, cette organisation de la Compagnie d'exploitation nous paraît assez bien combinée en général ; toutefois la pratique seule pourra démontrer si elle est réellement heureuse.

Mais il est un point particulier sur lequel nous ferons quelques réserves.

La Compagnie Métropolitaine et le Génie civil. — Il nous semble que, pendant la période de construction, on fait bon marché de la Compagnie Métropolitaine, et qu'on la traite par trop cavalièrement, elle et ses sociétaires, qui, après tout, auront cependant apporté les fonds nécessaires à la construction, et fourni le nerf de... l'entreprise.

Je pense qu'on aurait pu laisser à la Compagnie un peu plus de liberté dans la direction et la conduite des opérations qui constituent le premier établissement du Chemin de fer.

J'ai en très haute estime les Ingénieurs de l'Etat ; j'ai pour tous une très grande sympathie, et pour un assez grand nombre, qui sont mes camarades, une vive affection.

Mais je crois (et plusieurs d'entre eux même m'ont exprimé cet avis) qu'il serait bon de ne pas leur réserver exclusivement toute la peine et toute la gloire d'une œuvre telle que le Métropolitain de Paris.

Ne serait-il pas juste et sage de faire ici la part du Génie civil, et n'est-il pas possible de trouver parmi les Ingénieurs de l'industrie privée des hommes qui, au talent, au savoir et à l'expérience nécessaires, uniraient le désir de participer au travail comme à l'honneur de cette grande entreprise ?

Pourquoi ne pas laisser à la Compagnie Métropolitaine la faculté de s'adresser au Génie civil pour la construction de certaines sections?

Les lignes présentant à la fois le triple caractère d'intérêt urbain, de banlieue et général, comme l'artère centrale, par exemple, comme aussi les sections de raccordement avec les grandes Compagnies, pourraient être construites par les Ingénieurs de l'Etat.

Pour les autres lignes, la Compagnie Métropolitaine s'adresserait à l'industrie privée.

Concours, soumission, adjudication, pourraient ici être mis en pratique dans une mesure plus ou moins large.

Quoi qu'il en soit, l'on peut espérer qu'il sortirait d'heureux résultats de cette rivalité pacifique et de la mise en jeu d'une noble et sage émulation.

Régime financier. — Si nous examinons maintenant le concours financier que l'on doit attendre de l'Etat et de la Ville, nous préférons à la subvention de construction la solution qu'on a adoptée et qui n'est autre que la subvention d'exploitation. Toutefois il nous semble prudent d'examiner si cette subvention d'exploitation doit consister dans la garantie d'intérêt absolue et indéfinie ou dans une annuité pure et simple, qui n'est plus qu'une garantie d'intérêt limitée dans le temps et dans la quotité.

En ce qui concerne le concours financier des grandes Compagnies et la part qu'elles doivent prendre à leur charge dans la construction des raccordements de leurs lignes avec le Métropolitain, on ne peut que féliciter le Gouvernement d'avoir cherché

à leur faire supporter une part des dépenses de premier établissement et à les intéresser ensuite à l'exploitation.

Seulement on peut se demander si, en fin de compte, ce n'est pas sur l'Etat que va retomber la garantie de 5 à 7 millions consentie par les grandes Compagnies.

Toutes celles-ci, sauf une, n'ont-elles pas recours à la garantie d'intérêt fournie par l'Etat ? Dès lors si, dès aujourd'hui, le Métropolitain n'existant pas, la garantie d'intérêt fonctionne pour les grandes Compagnies et coûte à l'Etat une annuité de 40 millions, par exemple, qu'arrivera-t-il si les Compagnies ont à inscrire dans leurs dépenses une somme de 5 millions fournie au Métropolitain ? Ne vont-elles pas aussitôt réclamer à l'Etat une somme de 45 millions au lieu de 40, pour la garantie d'intérêt qui leur est propre ?

C'est là, Messieurs, une question à examiner avec soin.

En outre, MM. Vauthier et Deligny ont très justement fait observer que, d'après le système officiel, les grandes Compagnies, en prenant à leur charge les travaux de raccordement, ne les exécuteront qu'à titre de travaux complémentaires; c'est-à-dire avec des obligations garanties par l'Etat, sur qui peut donc retomber encore, en dernière analyse, cette dépense non chiffrée et peut-être considérable.

Enfin, il n'est pris aucune précaution, aucune garantie en vue de l'éventualité qui se présenterait, dans le cas de majoration dans les dépenses et d'excédents sur les évaluations.

Ce sont là des points très importants et sur lesquels il y a lieu d'attirer l'attention.

Combinaison de l'établissement du Chemin de fer avec les opérations de voirie. — Mais, outre le concours financier que l'on peut obtenir de la Ville sous forme d'annuités, il nous paraît juste et indispensable que la Ville de Paris contribue pour une certaine part aux dépenses de premier établissement, en ce qui concerne les sections du Chemin de fer, dans lesquelles la construction de la ligne peut et doit se combiner avec une opération de voirie.

Ici nous voulons viser notamment : l'artère centrale du carrefour Drouot à la gare de Lyon; la ligne primordiale de la gare

Saint-Lazare à la gare du Nord; la partie intérieure à la ville de la ligne de banlieue qui partirait de la place de la République, pour se diriger vers Noisy-le-Sec; et aussi la partie du chemin de jonction entre les gares d'Orléans et de Montparnasse qui serait établie dans une voie nouvelle parallèle au boulevard Saint-Germain, si l'on y adoptait ce mode d'établissement.

Ce n'est d'ailleurs que juste. Car, même si l'on ne faisait pas le Chemin de fer Métropolitain, l'on aurait à exécuter ces travaux de voirie dans un temps plus ou moins proche.

N'a-t-on pas, et avec raison, percé la rue Etienne-Marcel, la rue du Louvre, l'avenue de l'Opéra ? On ne peut se contenter de ces trois ouvrages, et tout le monde reconnaît la nécessité de percées nouvelles dans le quartier compris entre la rue Montmartre et la rue Saint-Denis.

Que de ruelles étroites et sombres, que d'impasses et de passages malpropres, existent encore en cet endroit vraiment indigne du centre de Paris. Faut-il citer les rues Marie-Stuart, Greneta, des Filles-Dieu, de la Bouteille, de la Reine-de-Hongrie, etc.

Et de l'autre côté du boulevard Sébastopol, les rues Brantôme, Brise-Miche, du Maure, Maubuée, de Venise et autres ?

Puis sur la rive gauche, dans le voisinage du boulevard Saint-Germain, les rues du Sabot, des Ciseaux, des Canettes, du Four-Saint-Germain et les alentours de la place Maubert et autres.

J'en passe, et des pires.

Oui, il faut assainir tous ces quartiers. il faut leur donner de l'air et de la lumière, et pour cela il est des sacrifices d'argent qu'une ville comme Paris, si elle tient à prévoir les nécessités de l'avenir, doit savoir faire à temps.

On l'a dit plusieurs fois dans cette salle, au cours des discussions sur le Métropolitain, et je le répète après notre éminent collègue, M. Armengaud, qui pourra sur ce sujet répandre la bonne parole dans une autre enceinte. « Il ne faut pas craindre de démolir à » Paris; des opérations de voirie importantes y sont nécessaires et » s'y imposent, même indépendamment de la construction du Métro- » politain. »

Du reste, si la Ville participe, dans une mesure équitable, à ces travaux de voirie exécutés en même temps que le Chemin de fer, il sera juste de lui attribuer en retour une partie proportionnée

des revenus produits par la location des boutiques, magasins, cafés et autres locaux qu'on pourra installer sous les arcades des viaducs qui occuperont l'axe de ces avenues nouvellement percées.

Mais, objectera-t-on, ces opérations de voirie, on les fera peu à peu; on n'y procédera pas tout d'un coup, on n'y jettera pas immédiatement un grand nombre de millions.

A cela je répondrai que l'on peut procéder aussi de la même façon, si l'on combine l'opération de voirie avec l'établissement du Métropolitain. Et la preuve, c'est que d'après le projet ministériel lui-même, on remet à plus tard l'exécution de l'artère centrale, et nous proposerions d'en faire autant pour la ligne qui de la place de la République se dirigerait vers la banlieue Est, ainsi que pour la ligne de jonction des gares d'Orléans et de Montparnasse.

Ordre à suivre dans la construction des diverses lignes du Métropolitain. — Ainsi des quatre sections, où il y aurait à combiner une opération de voirie avec l'établissement du Chemin de fer, une seule serait construite immédiatement: celle de la gare Saint-Lazare à la gare du Nord.

Les autres seraient construites plus tard, à mesure que se présenteraient des circonstances favorables, et que deviendraient plus faciles les moyens de se procurer les ressources nécessaires.

Comme le fait justement remarquer l'exposé des motifs, l'existence de l'artère centrale n'est pas indispensable à l'exploitation du réseau, en tant qu'on ne s'attache qu'au caractère urbain et de banlieue.

Il en est de même des deux autres sections, Orléans-Montparnasse, Place de la République-Romainville ; et en somme un réseau qui comprendrait la ligne circulaire complète, comme nous l'avons indiquée, et les deux lignes transversales de la gare Saint-Lazare à la gare du Nord, puis de la gare de l'Est à celle de Sceaux, nous paraît constituer un premier réseau suffisant pour relier les principaux points de la ville et de la banlieue.

Les autres lignes viendront à leur tour et compléteront l'ensemble.

Motifs deconstituer le Métropolitain en deux réseaux construits l'un après l'autre. — Nous approuvons

donc l'idée de se borner, quant à présent, à l'établissement des lignes de ce premier réseau.

Aux raisons qu'on vient de donner à l'appui de cette manière de voir, il faut joindre les considérations suivantes.

Raisons financières. — Il y a lieu assurément de ménager les finances de la Ville ; mais il y a lieu aussi de ménager celles de l'État. Or, les lignes qu'on ajourne, bien que leur longueur soit relativement petite, constitueraient, à elles seules, la moitié de la dépense totale. Dans ces conditions, et surtout étant donnée la situation actuelle, il est sage de s'en tenir pour le moment au premier réseau.

Raison sociale. — Ensuite il serait imprudent, même si c'était possible et facile, de procéder tout d'une fois à l'exécution de travaux aussi considérables. On provoquerait la venue à Paris d'un trop grand nombre d'ouvriers et d'employés qui, au bout de trois ou quatre années que durerait la construction, se trouveraient grossir tout à coup la foule des personnes sans travail et sans emploi.

Il est difficile alors de s'en retourner d'où l'on est venu; le chômage amène la misère et son cortège de maux redoutables, et pour l'individu et pour la société.

Il est donc bon d'échelonner d'aussi grands travaux sur une assez longue période d'années; et, c'est ce que l'on peut faire en suivant le procédé que nous préconisons.

L'Exposition. — Enfin, on parle d'avoir le Chemin de fer Métropolitain pour 1889, l'année du Centenaire et de l'Exposition. Dès lors, il n'est pas un homme sensé qui ne reconnaisse qu'il est absolument impossible de construire tout le réseau Métropolitain en deux ans. Je vais plus loin, je déclare être personnellement convaincu que, même débarrassé quant à présent des trois sections remises à plus tard, le premier réseau Métropolitain, constitué par la ceinture complète et les deux lignes transversales à exécuter tout de suite, ne pourra jamais être achevé pour l'année 1889.

Le plus qu'on pourrait faire, à notre avis, dans les deux années qui nous restent avant cette époque, ce serait la *moitié de la ligne circulaire* (on prendrait précisément la moitié-ouest qui dessert le

Champ de Mars) et la *ligne transversale* de la *gare de l'Est à celle de Sceaux.*

Encore faudrait-il y concentrer exclusivement, en ne s'occupant nullement du reste, tous les efforts et toute l'activité que pourraient déployer les entrepreneurs. Si avec tout cela on y arrivait, il faudrait, à mon sens, s'estimer très heureux.

Ainsi, au point de vue de l'ordre à suivre dans les travaux, je pense qu'il y aurait lieu de faire deux grandes divisions dans le réseau complet.

Premier réseau. — Le premier réseau serait déclaré dès aujourd'hui d'utilité publique et comprendrait :

— La *ligne circulaire complète*, desservant tous les boulevards extérieurs *(aérienne, et en tranchée*, fort peu de parties souterraines).

— La ligne transversale de la gare de l'Est à celle de Sceaux *(aérienne sur viaduc métallique)*.

— La ligne joignant la gare Saint-Lazare à celles du Nord et de l'Est *(aérienne, sur viaduc en maçonnerie)*.

Second réseau. — Le second réseau, qu'on construirait plus tard, et seulement après l'entier achèvement du premier comprendrait :

— L'artère centrale, du carrefour Drouot à la gare de Lyon *(aérienne sur viaduc en maçonnerie)*.

— La ligne de jonction de la gare d'Orléans à la gare Montparnasse (en partie *aérienne*, en partie *souterraine)*.

— La ligne de banlieue allant de la place de la République à Romainville (en partie sur un *viaduc* maçonné ou métallique, en partie *souterraine) ;* toutefois cette dernière pourrait être rattachée à la seconde partie du premier réseau.

Enfin on se mettrait à l'œuvre tout de suite sur le premier réseau, après l'avoir divisé en deux parties.

Partie du premier réseau à construire avant 1889. — La première partie comprendrait : la *ligne transversale* de la gare de *l'Est* à celle de *Sceaux*, et la *moitié Ouest* de la ligne circulaire (les extrémités de ce grand demi-cercle iraient se souder aux extrémités de la ligne transversale précédente, qui en serait

pour ainsi dire le diamètre de base). Cet ensemble constituerait un circuit fermé complet.

On se consacrerait exclusivement, en 1887 et 1888, à l'exécution de cette partie ainsi bien limitée; et je le répète, si on l'achevait pour 1889, on pourrait s'estimer très heureux.

On desservirait alors l'Exposition aussi bien que possible (car vouloir faire autre chose serait, à mon avis, s'exposer à un cruel démenti de la part des faits).

Partie du premier réseau à construire immédiatement après 1889. — Après 1889, on travaillerait aussitôt à la deuxième partie du premier réseau, savoir :

La seconde moitié de la ligne circulaire comprenant : le grand demi-cercle Est qui vient se souder aux extrémités du diamètre transversal, ainsi que l'arc allant de la gare de l'Est à celle de Vincennes.

Puis la ligne joignant la gare Saint-Lazare à celles du Nord et de l'Est.

Subsidiairement, la ligne de banlieue du Nord-Est.

Le second réseau à établir seulement après l'achèvement du premier.— Le premier réseau ainsi construit, on pourrait alors, mais seulement après son achèvement complet, et même si on le veut après une ou deux années d'exploitation, songer à exécuter le second réseau.

Tel est le plan et le programme que nous croyons sage et prudent d'adopter.

Mais ce dont il faut surtout se garder, c'est de commencer les travaux en trop de points à la fois ; si aujourd'hui l'on ne se borne pas strictement à ce qu'il est possible de faire en deux ans, on n'aura, en 1889, que des sections inachevées, des tronçons inexploitables ; on ne desservira pas l'Exposition, et l'on aura converti Paris en un immense chantier, avec ses embarras, ses abords sales et boueux, ses obstructions et ses incommodités de toutes sortes! Étrange spectacle et bel attrait pour les étrangers comme pour nous.

Mais tout en échelonnant sur une assez longue période d'années l'exécution de ces grands travaux, nous pensons qu'il est indispen-

sable d'en arrêter dès aujourd'hui le principe et le plan d'ensemble et d'en fixer autant que possible toutes les grandes lignes et les conditions générales d'exécution.

Car entreprendre des œuvres de ce genre sans les avoir conçues dans tout l'ensemble, les exécuter morceaux par morceaux sans avoir fixé préalablement la manière dont toutes les parties doivent se souder les unes aux autres et se relier entre elles, ce serait procéder de la manière la plus fâcheuse, s'exposer à de graves mécomptes et courir au devant d'un échec déplorable.

Résumons maintenant en quelques lignes les conclusions que nous venons d'exposer.

Résumé des Conclusions. — Au point de vue de la direction du tracé, le projet ministériel primitif subsiste en son entier sans modification, la variante proposée par la Conseil municipal étant écartée. Mais il y est fait des additions importantes :

Ainsi, l'ensemble de toutes les lignes constituant le premier et le second réseau par nous défini donne un *total de 62 à 65 kilomètres*.

C'est 29 à 30 kilomètres ajoutés au projet officiel primitif, qui n'en comportait que 33.

Mais ce n'est plus que 14 à 15 kilomètres ajoutés au second projet officiel, qui en comporte 48.

Seulement tous les quartiers populeux reçoivent satisfaction, la ceinture intérieure est vraiment complète, et toutes les directions de la banlieue sont desservies.

Enfin les parties souterrraines sont réduites au minimum; la proportion n'en est plus que 1/10 à 2/10 (8 à 9 kilomètres sur 63 environ). Le double passage sous la Seine, si redoutable et si coûteux, est supprimé. La monotonie ne règne plus dans l'œuvre ; les viaducs en maçonnerie sont de deux sortes; la construction métallique y trouve sa grande et légitime part, et ce n'est pas, je pense, devant notre honorable vice-président M. Eiffel, qu'on mettra en doute la possibilité, pour l'architecture du fer, de fournir des solutions aussi rassurantes et incontestables que hardies et élégantes.

Quant à la dépense, les kilomètres ajoutés étant précisément les moins coûteux, elle ne serait augmentée que de 100 à 110 millions environ, compte étant tenu de l'économie considérable (plus

de 4 millions par kilomètre) réalisée en remplaçant le souterrain transversal Nord-Sud par un viaduc métallique à voies superposées.

C'est dire que pour un nombre de kilomètres double les frais ne sont augmentés que de moins d'un tiers : la combinaison de l'établissement du Métropolitain avec des opérations de voirie diminuera encore la dépense relative au Chemin de fer proprement dit, en faisant sortir de cette dépense une partie des expropriations dans lesquelles réside toujours un gros aléa.

En somme, le premier projet ministériel comporte 475 millions de dépenses et 33 kilomètres, ce qui fait ressortir le prix moyen du kilomètre à 14,400,000 francs.

Le second projet ministériel comporte 570 millions et 48 kilomètres, ce qui fait ressortir le prix moyen du kilomètre à près de 12 millions.

Le projet, tel qu'il résulte de nos conclusions, comporte 585 millions environ et 63 kilomètres.

Ce qui fait ressortir le prix moyen du kilomètre à 9,200,000 fr., et dans cette évaluation, il y a encore à tenir compte, pour déduction, des frais relatifs aux opérations de voirie.

La seule comparaison de ces chiffres est éloquente, et il n'y a rien d'étonnant à cela; car les lignes les plus chères à établir étant comprises dans le premier projet officiel, toute addition de nouvelles lignes, naturellement moins coûteuses, diminue de beaucoup le prix moyen du kilomètre.

Mais ce n'est pas une raison pour augmenter indéfiniment la longueur kilométrique du réseau Métropolitain.

Car, malgré l'abaissement du prix moyen du kilomètre, si on dépassait une certaine longueur-limite, l'économie kilométrique de premier établissement serait bientôt très fâcheusement compensée par la moindre utilité des lignes ; ce qui se traduirait par un abaissement correspondant de la recette kilométrique moyenne.

C'est dans le voisinage de cette longueur-limite que nous pensons nous tenir avec un réseau d'une soixantaine de kilomètres, répartis et définis comme nous l'avons indiqué dans cette étude.

Ce résumé, dans lequel sont rappelées successivement les modifications et additions que nous avons proposées au projet officiel, tant au point de vue de ses profils en long et en travers qu'au

point de vue de la direction générale, ne serait pas complet, si, en terminant, nous n'attirions pas une dernière fois l'attention sur la nécessité d'adopter, dans l'exploitation commerciale du Métropolitain, un mode de tarification plus simple et un procédé de distribution plus rapide que ceux en usage aujourd'hui.

L'emploi des billets kilométriques dont nous avons parlé, ou de toute autre méthode réalisant à cet égard un progrès quelconque, serait accepté comme une réforme heureuse.

Ce n'est pas l'unification absolue des tickets et des tarifs, quelle que soit la distance, chose qui nous a paru à peu près irréalisable, mais c'en est du moins la simplification très grande.

J'abandonne maintenant à la discussion l'examen de toutes les questions que j'ai soulevées à propos du projet ; je remercie mes collègues de l'attention qu'ils m'ont prêtée et de la grande indulgence dont ils ont fait preuve en m'écoutant ; je les prie de m'excuser si je les ai entretenus assez longuement, mais il était bien difficile d'être court en voulant examiner toutes les faces d'un sujet si important et si complexe.

Du reste, nous devions souhaiter qu'à l'heure présente une large discussion s'élevât au sein de notre Société et lui permît de prendre sa part dans l'examen de cette grande œuvre à laquelle s'intéresse non seulement Paris, que nous aimons tous, mais aussi la France entière que nous aimons plus encore.

Paris, ce 5 novembre 1886.

TABLE DES MATIÈRES

II. — LIAISON DES LIGNES MÉTROPOLITAINES ENTRE ELLES ET AVEC LES GRANDES LIGNES

III. — CHOIX ENTRE LES TRACÉS (AÉRIEN ET SOUTERRAIN, ETC.).

TROISIÈME PARTIE (*Exploitation du Métropolitain*).

RÉSUMÉ ET CONCLUSION (*Régime légal et financier*).

LE

TRAVAIL COOPÉRATIF

AUX ÉTATS-UNIS

Par M. Édouard SIMON

Après avoir constaté la puissance du mouvement coopératif dans les principaux pays manufacturiers de l'Europe, sous les formes multiples des associations de consommation et des associations de production, de la participation des employés aux bénéfices, des banques populaires (1), il nous a paru utile de rechercher dans quelle mesure les États-Unis d'Amérique ont accueilli et mis à profit les essais tentés sur l'ancien continent, de savoir si ces rivaux industriels ont résolu les problèmes économiques et sociaux qui s'imposent à l'universalité des producteurs.

Nous insistons à dessein sur ces questions parce que les *desiderata* de la fabrication, les imperfections des outillages mécaniques ne sont pas de nature à préoccuper au même degré que le défaut d'équilibre entre le coût de la main-d'œuvre et le prix des objets fabriqués, entre la rémunération du travail quel qu'il soit et les charges de chacun.

(1) Le mouvement coopératif en Angleterre, par Edouard Simon (séance du 6 avril 1883). — La participation des employés aux bénéfices et les associations ouvrières en France par le même (séance du 21 novembre 1884).

Le dix-septième rapport annuel du « Bureau des statistiques du travail » (1), publié en mars 1886 par le Massachusetts qui s'est toujours signalé entre les États le plus avides de progrès, fournit un résumé des diverses méthodes d'association pratiquées des deux côtés de l'Atlantique. Sans revenir sur les résultats que vous connaissez, nous nous proposons de puiser dans les chapitres spécialement consacrés à l'organisation du système coopératif aux États-Unis, des informations inédites.

L'auteur du rapport, M. Carroll D. Wright, envisage la question sous trois points de vue : soit que les coopérateurs participent aux bénéfices à l'exclusion de tout salaire, soit que la participation des employés constitue seulement une prime, soit enfin que les bénéfices se répartissent sous forme de dividendes entre les coopérateurs associés.

I

La première méthode semble incompatible avec la situation plus ou moins précaire de l'homme qui vit uniquement du prix de sa main-d'œuvre. Et cependant, en France aussi bien qu'en Amérique, ce mode de coopération est pratiqué de longue date. L'application ne porte pas, il est vrai, sur une production manufacturière, mais sur une source d'alimentation dont les débouchés restent constamment assurés, la pêche grande et petite (2). Là, d'ailleurs, comme dans les autres industries, l'outillage primitif est progressivement remplacé par les engins de la mécanique moderne; les moteurs à vapeur économisent les bras, allègent les plus durs labeurs et augmentent le rendement (3).

(1) Seventeenth annual Report of the Bureau of Statistics of Labor. — March 1886. Beston, Wright and Potter Printing Company.

(2) Les pêcheurs du littoral normand, entre autres, sont payés à la part (morue et petite pêche).

Pour les expéditions à Terre-Neuve, l'armateur solde les dépenses de l'équipage et prélève les quatre cinquièmes du produit; sur le cinquième restant, le capitaine reçoit deux lots, et les matelots un.

La proportion est à peu près la même pour la petite pêche : le bateau et la machine ont six lots, le patron un lot, et les matelots un demi-lot, plus neuf filets.

(Ces renseignements nous ont été obligeamment fournis par notre collègue, M. Albert Couraut, du Havre.)

(3) Voir les *Chroniques* du Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils, mars et juillet 1886.

Les barques armées sur les côtes du Massachusetts naviguent avec des équipages, dont le gain est exclusivement basé sur le succès des expéditions. Lorsque la pêche peut s'effectuer individuellement, la rémunération est exactement proportionnelle à l'habileté de chacun. Lorsqu'il faut recourir à des engins collectifs, les pêcheurs se partagent les bénéfices également.

A Gloucester, les bases de la participation entre le propriétaire du navire et l'équipage sont les suivantes : L'armateur fournit le bâtiment muni de tous ses agrès, ainsi que les provisions nécessaires à l'entretien de l'équipage. Au retour, la pêche est vendue ou évaluée au cours du jour. De ce prix sont défalquées les dépenses de cordages, de glace, d'emballage et d'inspection ; le solde est divisé par moitié entre l'armateur et les matelots.

Le premier prélève alors sur sa part un percentage pour le patron, l'équipage prend à sa charge la paie du cuisinier, l'achat des médicaments et un léger percentage destiné à la caisse des veuves et des orphelins.

Pour la pêche à la morue, qui a lieu pendant la campagne d'hiver, le propriétaire du bâtiment ne fournit que son navire, l'équipage achète les provisions, se munit des engins de pêche, paie toutes les dépenses accessoires. Le produit est vendu comptant et l'équipage touche les trois quarts de la recette, le solde appartient au propriétaire du bateau.

Bien que les profits soient soumis à des fluctuations considérables, armateurs et pêcheurs se félicitent de la coopération établie sur ces bases. D'après un relevé emprunté à l'une des plus importantes entreprises de Gloucester, si, très exceptionnellement, le gain des matelots est nul, la moyenne des jours passés à bord ressort à un dollar. Les *patrons* se recrutent parmi les matelots de première classe et deviennent souvent copropriétaires d'une ou de plusieurs barques. Les armateurs préfèrent employer des patrons pécuniairement intéressés à la conservation des navires qu'ils gouvernent.

Nous devions, pour ne point négliger un des côtés du sujet, noter ce mode de coopération ; mais l'application en est bien difficile, sinon impossible, aux industries manufacturières qui ont à compter avec les chances aléatoires de la vente.

II

La *participation des employés aux bénéfices* telle qu'elle s'est développée en France, grâce aux efforts des Leclaire, des Godin, des Laroche-Joubert et autres chefs d'industrie inspires par la ferme volonté de rapprocher le capital et le travail, a trouvé un certain nombre d'adeptes aux États-Unis.

La *Peace Dale manufacturing Company*, qui possède une importante fabrique de lainages cardés et peignés (1), adopta la participation à dater de 1878. Nous citons cette Compagnie tout d'abord parce que sa détermination, précédée d'une longue et minutieuse enquête, fut portée à la connaissance du personnel dans une sorte de déclaration de principes où sont résumés les avantages du système et les réponses aux objections habituelles.

« Depuis plusieurs années — est-il écrit dans cet avis de la » Direction — l'application du système coopératif a été l'objet de » nos préoccupations. Le mauvais état des affaires en a seul empêché l'essai. Il était inutile d'offrir la participation au personnel » lorsqu'au lieu de bénéfices, la Compagnie n'entrevoyait que des » pertes. La main-d'œuvre a besoin d'un salaire quotidien assuré » et là gît précisément l'une des difficultés de la coopération.

» Si le capital est tenu de payer régulièrement les salaires, s'il » est exposé aux mauvaises chances de l'entreprise, il doit, semble-t-il en équité, bénéficier aussi des chances favorables. Cependant, malgré la justesse de ce principe, il se manifeste, particulièrement en Europe, un antagonisme entre le capital et le » travail. La situation est fausse, car les deux éléments ont des » intérêts identiques et leur valeur n'est productive qu'à la condition d'une entente mutuelle.

» Après étude des divers systèmes propres à augmenter la » rémunération de la main-d'œuvre, le seul qui paraisse applicable » dans le cas de la *Peace Dale manufacturing Company* est le sui-

(1) *Peace Dale* est un village de douze cents habitants, dépendant de la ville de South Kingston, à trente mille environ au sud-ouest de Providence. La manufacture de Peace Dale, fondée au commencement du siècle par Rowland Hazard, a toujours été pourvue des machines les plus perfectionnées et a employé avec succès les premiers métiers mécaniques à tisser les étoffes de grandes largeurs (1828).

» vant : A la fin de chaque exercice donnant lieu à des bénéfices, » la Compagnie répartira entre tous ses employés une somme pro- » portionnelle au montant des profits. Cette somme ne saurait » être très considérable dans les circonstances ordinaires, car il » faut servir au capital un intérêt et un dividende ; il convient » aussi de constituer le fonds d'amortissement pour l'entretien » des constructions, pour les réparations et le renouvellement de » l'outillage ; il est indispensable de renforcer la réserve afin de » se trouver à même de supporter une ou plusieurs années de » crise. L'utilité d'une réserve a été démontrée par l'expérience » des cinq dernières années, puisque, à défaut de ce capital, les » établissements de la Compagnie eussent été réduits au chômage.

» Dans les conditions actuelles, les chapitres ci-dessus absorbent » à peu près tous les bénéfices et laissent une faible marge pour » la prime projetée. L'avenir démontrera précisément l'effet de la » mesure. S'il en résulte une économie de déchets, une diminu- » tion des frais d'entretien, un supplément de production, la » somme constitutive de la participation se trouvera augmentée » d'autant....

» Ce projet n'est adopté qu'à titre d'essai. Au cas où tous les » départements de l'entreprise ne fourniraient pas les preuves d'un » redoublement d'activité et de soins, la Compagnie se réserve » expressément de mettre fin à sa tentative, mais elle espère que » les conséquences heureuses d'une participation bien comprise en » motiveront la continuation. »

L'avis transcrit ci-dessus dans ses passages essentiels définit nettement le côté pratique de la participation et les conditions dont doit dépendre ce supplément de rémunération. La prime des participants ne constitue ni un don, ni un prélèvement sur la part de l'employeur pour ajouter à la part de l'employé, c'est le prix d'un accroissement de produit, déterminé par un surcroît de dévouement, de soins, d'économie, par une collaboration plus complète, mieux utilisée du travail et du capital.

Les résultats de l'expérience tentée à Peace Dale ont été consignés, année par année, et portés à la connaissance du personnel avec la franchise qui avait dicté la rédaction du programme. A la fin du premier exercice, la main-d'œuvre n'obtint aucun dividende, mais, de part ni d'autre, il ne se manifesta de désappointe-

ment. La Compagnie, en exprimant ses regrets de n'avoir pas à répartir entre ses employés un supplément de salaires, leur demanda de redoubler d'efforts durant l'année suivante. Le second exercice permit, en effet, de distribuer 5,842 dollars représentant, en moyenne, 5 0/0 des salaires. Ce succès devint un sérieux encouragement et, en 1881, la part distribuée à la main-d'œuvre s'élevait encore à 6,000 dollars, en chiffres ronds.

Au cours de la quatrième année, la hausse des laines réduisit le quantum de la prime à 3 0/0 des salaires. L'année suivante, malgré la constatation du zèle déployé par tout le personnel qui comprenait de mieux en mieux le mécanisme de la participation, l'état des affaires ne permit pas une attribution supérieure.

Depuis lors, l'absence de bénéfices contraignit la Compagnie à abandonner la mesure dont elle se félicitait autant que ses employés.

Peut-être la crise commerciale n'a-t-elle pas entravé seule le développement de la participation à Peace Dale? En 1882, alors que tous les établissements du Rhode Island travaillaient onze heures ou davantage, la Compagnie voulut tenter l'expérience de la journée de dix heures. Le personnel fut avisé par une circulaire où la direction estimait qu'en ne perdant pas un moment, en travaillant avec une énergie soutenue, les ouvriers produiraient autant en dix heures qu'en onze. Bien que l'essai n'ait pas répondu à cette attente et que la Compagnie se fût réservé sa liberté d'action, la journée réduite est maintenant un fait accompli à Peace Dale.

La question des heures de travail n'est pas moins controversée aux Etats-Unis qu'en Europe. Il serait superflu de rappeler ici les arguments pour et contre la limitation et la réduction de la journée normale. Si les forces humaines ont des bornes qui ne sauraient être dépassées impunément, si, après un certain nombre d'heures, l'attention s'émousse, la fatigue l'emporte au point de laisser perdre le bénéfice d'un supplément de présence, il semble évident aussi que la production d'un outillage automatique, dont la surveillance n'entraîne pas à de violents ni à de pénibles efforts musculaires, est plus considérable en onze heures qu'en dix. Comme en toutes choses, les conclusions absolues, les solutions radicales sont dangereuses par la nature du travail, l'installation

des ateliers, l'âge et le sexe des employés doivent être pris en considération.

Ces observations nous ramènent en arrière, à l'époque de la *grève* dite *des huit heures*, qui porta un coup funeste à un autre essai de coopération. Dès 1869, MM. Brewster et Cie, fabricants de voitures à New-York, avaient établi la participation sur des bases très larges. Le dividende réservé à la main-d'œuvre s'élevait à dix pour cent des bénéfices bruts, c'est-à-dire avant prélèvement de l'intérêt du capital et des traitements attribués aux chefs de la Société. Ce dividende était proportionnel aux salaires et tout employé participait aux bénéfices à moins qu'il ne quittât la fabrique antérieurement à la clôture de l'exercice annuel. Encore l'ouvrier congédié avait-il droit à une part si le total de ses gains, au jour du renvoi, se montait à cent dollars. Le personnel entier constituait une sorte d'association divisée en sept départements. Chaque subdivision nommait un comité de surveillance et les présidents des divers comités formaient le Conseil d'administration, dont le président était choisi parmi les membres de la gérance Brewster et Cie. Le Conseil avait pour mission de rédiger les règlements intérieurs, d'entendre et de contrôler les réclamations des employés. Les résolutions ou mesures adoptées par le Conseil ne pouvaient être mises à exécution avant de recevoir la sanction du président. En cas de *veto*, ce dernier motivait son refus. Toutefois, lorsque dans une seconde réunion mensuelle, les deux tiers des membres présents votaient de nouveau la proposition rejetée par le président, la mesure devenait exécutoire. Le rôle des comités consistait à empêcher la destruction ou la perte des outils et matières confiés aux employés de leurs départements respectifs, à régler les questions accessoires, à surveiller, en un mot, les détails de la fabrication.

Ni l'association dans son ensemble, ni aucun associé (à l'exception du président du Conseil) n'avait droit d'immixtion dans les affaires commerciales ; nul ne pouvait exercer de poursuites contre MM. Brewster et Cie en vue du recouvrement d'un dividende de participation, ce dividende étant, de convention expresse, une concession volontaire. L'association pouvait être dissoute trente jours après la clôture d'une année fiscale soit par MM. Brewster et Cie, soit à la suite d'un vote des deux tiers des associés.

Ces arrangements subsistèrent deux ans et demi à l'entière

satisfaction des parties. Lorsque survint la grève mentionnée plus haut, bien que l'organisation des Comités de surveillance permît aux ouvriers d'obtenir aisément la limitation de la journée à huit heures, le personnel abandonna les ateliers et fit cause commune avec les grévistes.

Il se produit ainsi, à de certaines heures, parmi les travailleurs assemblés, des mouvements irréfléchis, des affolements aussi inexplicables que les paniques dont sont parfois victimes des troupes aguerries et disciplinées, d'ordinaire.

Les employés de la fabrique Brewster et Cie perdirent, à l'occasion de cette grève, huit mille dollars de salaires, onze mille dollars de dividende qui leur eussent été distribués, un mois plus tard, et, après deux semaines de chômage, rentrèrent dans leurs ateliers sans avoir rien obtenu. Quant à la participation aux bénéfices, il n'en fut plus question et l'association intérieure fut dissoute le 30 juin 1872.

Les mêmes circonstances avaient failli compromettre également le principe de la participation dans les ateliers de MM. A. S. Cameron et Cie, fabricants de pompes à vapeur, à New-York.

Telle est la puissance des *Trades Unions*, en Amérique, qu'à l'origine de cette grande grève de 1871, quelques-uns des ouvriers fondeurs obéirent aux injonctions de leur Union et quittèrent l'atelier. Bientôt cependant, l'influence de M. Cameron, le respect des employés pour leur chef, puis aussi les bénéfices tangibles de la participation prévalurent sur les incitations de l'extérieur et le travail fut repris aux conditions habituelles. Le fait est surtout remarquable parce que M. Cameron avait été élu président du Comité des patrons, c'est-à-dire, du Comité de résistance.

La prime annuelle résultant de la participation s'élevait, dans l'établissement Cameron, à quatre et demi pour cent (4 1/2 0/0) des salaires. Au cours de cette année 1871, dont les agitations avaient un moment ébranlé les esprits des participants, un *meeting* de tous les employés vota, à l'unanimité, plusieurs résolutions qui exprimaient le dévouement inspiré au personnel par la conduite courtoise et libérale du patron, le désir de reconnaître par l'exactitude, l'activité et la tempérance, les avantages du système coopé-

ratif. Cette heureuse expérience dura huit années et prit seulement fin à la mort de M. Cameron, survenue en 1877.

Dans les exemples précédents, la participation est basée sur le montant des salaires annuels de chaque employé, les établissements cités plus loin adoptèrent, comme à Guise, la subdivision du personnel en classes, avec participation progressive ou exclusive des diverses catégories de travailleurs.

MM. Lister frères, propriétaires des *Passaic Agricultural Chemical Works*, de Newark, N. J., étaient d'autant mieux disposés à distribuer un dividende à leurs quatre ou cinq cents employés que, depuis nombre d'années et à la fin de chaque exercice, ils récompensaient les services dévoués de ce personnel par des allocations supplémentaires de deux à trois mille dollars. Le système de la participation proprement dite fut essayé en 1882.

Le maison se réservait dix pour cent des bénéfices nets ; le reste était réparti, non plus au *prorata* des traitements ou salaires, mais suivant les classes. La première classe ne comprenait que quatre ou cinq des principaux chefs, depuis longtemps au service de la Société. Dans la seconde se rangeaient les comptables, les placiers, les premiers contremaîtres, le « commodore » de la flotte appartenant à l'établissement ; la troisième renfermait les « patrons » des bateaux et les surveillants d'atelier ; enfin la quatrième était formée de tous les autres employés : hommes, femmes et enfants.

Le chiffre de la participation atteignit à quinze mille dollars en 1882 et, pour certains salariés, le dividende s'éleva à deux cent cinquante dollars. Malheureusement une faillite considérable devint, l'année suivante, la cause d'une gêne temporaire qui obligea les chefs de l'entreprise à interrompre leur essai. Cette cessation brusque fut d'autant plus regrettable qu'à l'exception de quelques participants, trop faibles de caractère pour économiser leur dividende, de quelques autres, jaloux des employés mieux classés, la plupart avaient prouvé par un surcroît d'activité et de soins qu'ils appréciaient la valeur du système. Il eût été sans doute préférable de réserver une fraction des primes considérables distribuées, dès la première année, pour prolonger et peut-être même perpétuer l'essai.

L'application la plus importante de la participation aux États-

Unis nous est fournie par les moulins de Pillsbury, à Minneapolis. Les *Pillsbury Flour Mills* produisent par jour 9,500 barils de farine, exportent annuellement pour dix millions de dollars et possèdent des élévateurs de grains donnant lieu à un chiffre d'affaires qui dépasse huit millions de dollars, également par année. C'est, en ce genre, le plus grand établissement du monde.

Déduction faite des frais généraux et de l'intérêt du capital qui s'élève à 2,500,000 dollars, un percentage des bénéfices nets (percentage dont le *quantum* n'est pas rendu public) se répartit entre deux classes d'employés : l'une comprend le personnel occupé sans discontinuité depuis cinq ans au moins, la nature de l'emploi n'entrant pas en ligne de compte ; l'autre renferme tous les fonctionnaires dont la situation est importante sans que la durée des services constitue un titre particulier. A la fin du dernier exercice, les effets de la participation se sont traduits par une augmentation de 50 0/0 des salaires de la première classe et de soixante-cinq pour cent des traitements de la seconde.

Sur les onze cents employés des moulins, cent environ ont reçu, au titre de participants, une somme totale de 25,000 dollars, pour chacune des deux premières années, puis 26,000 dollars, à la clôture du troisième exercice, et 35,000 dollars en 1885.

L'année présente compte un plus grand nombre d'intéressés, parce que l'un des moulins, dont la production quotidienne s'élève à 6,200 barils, date de cinq ans et que le système adopté par la Compagnie a permis, dès l'origine, un excellent choix d'employés. Ce triage a été facilité par le taux des salaires qui n'est pas inférieur au tarif maximum des établissements similaires.

D'après les résultats obtenus à la satisfaction mutuelle des employeurs et des employés, la Compagnie a résolu d'étendre au département des élévateurs la participation limitée jusqu'ici aux usines de la meunerie.

En résumé, aux États-Unis comme en France, lorsque les chefs d'industrie possèdent l'autorité morale que donnent les convictions profondes et personnellement désintéressées, lorsque la stabilité et la prospérité des établissements permettent des applications durables, la participation du personnel aux bénéfices facilite l'entente entre le capital et la main-d'œuvre, commence l'éducation économique des travailleurs en leur laissant entrevoir les conditions

d'existence des entreprises industrielles et commerciales. Les ouvriers apprennent ainsi à connaître le genre de difficultés qui, trop souvent imprévues par leurs propres associations, occasionnent, nous le verrons bientôt, la perte d'épargnes péniblement acquises.

III

Les associations coopératives sont de date récente en Amérique ; le premier Acte qui les autorise au Massachusetts. remonte à 1866. En vertu de cet Acte, sept personnes, au minimum, peuvent s'associer par engagement écrit, en vue d'un commerce, d'une industrie mécanique ou agricole, sous les clauses et réserves auxquelles sont astreintes les sociétés, en général, et sous certaines conditions particulières aux associations coopératives. Ces conditions se trouvent relatées dans les articles 5, 7, 8 et 12, ci-après transcrits :

« Art. 5. — Le capital des associations coopératives doit être » fixé par les statuts et ne peut dépasser cinquante mille dollars (1). » Une association peut augmenter ou réduire son capital et le » nombre de ses actions après délibération de l'assemblée géné- » rale des associés spécialement convoqués. Le vote est enregistré, » dans les trente jours qui suivent la délibération, au greffe de » la localité. Aucune action ne peut être émise au-dessous du » pair.

» Art. 7. — L'association coopérative peut, en son nom collec- » tif, acquérir, posséder et vendre tous biens nécessaires au suc- » cès de l'entreprise, poursuivre ou défendre en justice. Aucun » sociétaire n'a droit de posséder ni de réclamer un capital excé- » dant mille dollars. Aucun porteur de titres n'a droit à plus d'une » voix en assemblée générale.

» Art. 8. — Le paiement intégral des actions souscrites doit » toujours précéder la délivrance des titres. Nul ne peut être » admis dans l'association sans le consentement des administra- » teurs.

(1) Un Acte de 1879 a porté ce maximum à cent mille dollars.

» Art. 12. — Le partage des bénéfices entre ouvriers, acheteurs » et associés s'effectue, conformément à la loi, à des époques déterminées et, au moins, une fois par an ; toutefois, il n'est distribué aucun dividende avant prélèvement minimum de 10 0/0 » sur les bénéfices nets pour constituer un fonds de réserve ; ce » prélèvement cesse lorsque la réserve s'élève à 30 0/0 du capital social. »

A l'exception de l'article 8, les clauses afférentes aux associations coopératives ont été réintroduites dans la loi de 1870 sur les Sociétés. De plus, le nouvel Acte interdit aux associations de se fonder avec un capital inférieur à mille dollars ; le mot « coopérative » doit figurer dans la raison sociale ; les parts ne dépassant pas vingt dollars ne peuvent devenir l'objet d'oppositions ni de saisies.

L'enquête à laquelle nous faisons de nombreux emprunts, s'occupe exclusivement des sociétés coopératives de production, parce que seules, suivant le rapporteur, ces associations réalisent la participation des ouvriers aux bénéfices des entreprises dont ils sont en même temps les employés. « Dans les associations coopératives » de consommation, remarque M. Wright, le travail joue un rôle » insignifiant et les consommateurs, qui se distribuent les profits » de la vente, ne sont pas les employés du magasin. Il en est de » même des crémeries coopératives, des associations de laitiers, » dont les actionnaires sont des fermiers indépendants (1).

Ainsi limitée, cette enquête n'en est pas moins instructive. Sur vingt-deux sociétés coopératives industrielles fondées depuis 1870

(1) Les associations coopératives de consommation ont donné lieu à de nombreux essais aux États-Unis mais, le plus souvent, se sont greffées sur des organisations fondées dans un tout autre but telles que les *Unions* connues sous les noms de *Sovereigns of Industry* (Souverains de l'industrie), *Patrons of Husbandry* (Patrons de l'agriculture), *Knights of Labor* (Chevaliers du travail). Les magasins de vente ont réussi ou non suivant le succès ou la chute des Unions qui leur avaient donné l'occasion de se créer.

Au Texas et en connexion avec les *Patrons de l'Agriculture* prospère une association de consommation qui possède environ cent cinquante magasins de détail. Par contre, les essais tentés à New-York et à Brooklyn sont demeurés infructueux.

A Laurence (Massachusetts), l'association coopérative d'Arlington suit une heureuse progression, bien qu'elle n'admette pas les consommateurs étrangers aux usines dont elle porte le nom. L'action, au pair, vaut cinq dollars et le même associé peut posséder depuis une jusqu'à deux cents parts. Le droit d'admission, fixé à cinquante cents, s'ajoute au prélèvement de dix pour cent sur les bénéfices pour constituer le fonds de prévoyance. Les disponibilités de cette réserve sont accumulées jusqu'à ce que la somme permette d'acquérir cinq actions des établissements d'Arlington.

Les autres dispositions statutaires sont modelées sur le type bien connu de Rochdale.

au Massachusetts, dix seulement subsistaient en 1885. Les associations disparues comptaient six fabriques de cigares, quatre manufactures de chaussures, une fabrique de sièges et une fabrique de quincaillerie. Le tableau ci-après indique, en même temps que le nom, l'importance de chacune des sociétés actuelles, au triple point de vue du capital, du personnel, des salaires et des dividendes :

RAISON SOCIALE DES ASSOCIATIONS COOPÉRATIVES	CAPITAT SOCIAL	PRODUCTION ANNUELLE	NOMBRE D'ACTIONNAIRES EMPLOYÉS PAR L'ASSOCIATION		NOMBRE D'EMPLOYÉS NON ACTIONNAIRES		SALAIRES INDIVIDUELS PAR MOIS	TOTAUX DES SALAIRES MENSUELS	MOYENNES DES DIVIDENDES
			HOMMES	FEMMES	HOMMES	FEMMES			
	dollars	dollars					dollars	dollars	pour 100
American Shoe C° . . .	30.000	50.000	11	11	14	9	43	900	—
Athol Furniture C°. . .	5.000	15.000	8	—	3	—	32	626	—
E. Templeton Chair C°.	20.000	45.000	14	—	9	—	44	1.220	1.83
Franklin Shoe C°. . . .	20.000	50.000	20	6	2	8	41	1.000	—
Kingston Foundry C°. .	11.900	20.000	11	—	9	—	30	782	0.75
Leonard Foundry C° . .	25.000	75.000	40	—	10	—	60	2 400	3.62
Middlesex Shoe C° . . .	15.006	90.000	21	3	6	12	42	1.880	10.85
Somerset Foundry C° .	30.000	75.000	30	—	10	—	76	2.280	7 60
Stoneham Shoe C° . . .	20.000	150.000	20	5	15	20	42	2.400	14.15
Wakefield Shoe C° . . .	15.000	35.000	11	1	—	8	39	2.000	8.00

La *Somerset Foundry Company* est la plus ancienne association coopérative du Massachusetts et l'une des plus prospères. De 1854 à 1867, un établissement fondé sous la raison sociale *Boston Stove Foundry* avait subi des pertes dont la continuité aboutit à la faillite du patron. Vers la même époque, un modeleur de Newburyport et d'autres modeleurs de Somerset projetaient de se grouper en association coopérative ; ils résolurent d'acheter la *Boston Stove Foundry* et, après avoir signé le contrat statutaire, vingt-quatre souscripteurs de parts versèrent, dans un délai de trente jours, quinze mille dollars dont sept mille pour l'acquisition de l'établissement en déconfiture.

Dès la première année, le chiffre des affaires atteignit à vingt-cinq mille dollars mais sans bénéfices. Au contraire, la balance d'inventaire fit ressortir une perte de trente dollars environ (30,87).

Les années suivantes furent plus encourageantes et autorisèrent les fondateurs de l'association à doubler le capital. La production annuelle s'éleva bientôt à la somme de soixante-dix mille dollars; elle est aujourd'hui de soixante-quinze mille dollars (375,000 francs en chiffres ronds). Il fallut construire une nouvelle halle avec générateur, machine motrice et soufflerie; partie des bénéfices servit aussi à des achats successifs de châssis et de modèles pour un total de cinquante mille dollars.

De vingt-quatre au début, le nombre des actionnaires est passé à quarante-huit, possédant individuellement depuis une jusqu'à dix actions. Ces titres, émis à cent dollars, n'ont jamais été transférés à moins de cent dix dollars et se sont vendus jusqu'à cent-quarante-cinq dollars.

La Compagnie emploie dans ses ateliers trente actionnaires et dix ouvriers non actionnaires. A ce sujet, il est à remarquer qu'autorisés formellement par le législateur à partager les bénéfices avec les employés non porteurs de parts et avec la clientèle, les coopérateurs associés qui, cependant, sont presque tous des ouvriers, réservent la totalité des dividendes au capital. Le fait n'est point isolé, le même exclusivisme se retrouve dans les autres compagnies coopératives de production (1).

(1) Les statuts de la *Somerset Foundry Company* ont été transcrits ci-après à titre d'exemple :

Article 1. L'association fondée sous la raison sociale « Somerset Cooperative Foundry Company » a pour objet la fabrication des pièces en fonte de fer.

Art. 2. — Le capital est de 15,000 dollars, divisé en 150 actions de 100 dollars chacune; aucun actionnaire ne peut posséder plus de dix parts.

Art. 3. — Tout capital souscrit doit être versé dans les trente jours de la souscription; nul n'est admis au titre d'associé et n'a droit de vote dans les assemblées générales s'il n'a versé le montant d'une action.

Art. 4. — Les traitements des fonctionnaires de l'association sont fixés, chaque année, en assemblée générale.

Art. 5. Les fonctionnaires comprennent un président, un trésorier, treize administrateurs, au plus, pour former le Conseil, puis un commis-secrétaire et un chef d'atelier.

Art. 6. — Le Conseil est autorisé à rédiger les règlements nécessaires à la gestion de l'entreprise, à l'utilisation du capital social, en tant que ces règlements ne sont pas contraires aux lois de l'Etat; il choisit les employés et définit leur mission.

Art. 7. — Les réunions des administrateurs et des actionnaires ont tenues sous l'autorité du président, qui exécute les résolutions prises, les contrats approuvés par le Conseil; il est l'agent autorisé de la Compagnie et sa signature,certifiée par le secrétaire, engage l'association.

Art. 8. — Le secrétaire, commis aux écritures, a la garde des procès-verbaux des assemblées générales et des séances du Conseil d'administration ; il préside le comité des fonds et remplit tous autres devoirs que peut lui prescrire le Conseil.

Art. 9. — Le trésorier a la charge des fonds sociaux; il donne quittance des sommes qui lui sont versées, en effectue le dépôt en telle place que lui désigne le Conseil d'administration. Avant d'entrer en fonctions, il fournit un cautionnement de 5,000 dollars sous forme de bons soumis à l'acceptation du Conseil.

Art. 10. — L'assemblée générale des actionnaires se réunit, chaque année, le second lundi de janvier, pour l'élection des fonctionnaires, elle peut être convoquée en tout temps par le président. L'avis de convocation, adressé aux actionnaires individuelle-

La Kingston Cooperative Foundry, créée en 1877, a lutté péniblement jusqu'à ce jour, faute de capitaux suffisants. Les premiers associés, membres d'une Union de modeleurs, avaient été congédiés par leur patron à la suite d'une protestation collective contre la réduction des salaires. Certains d'entre eux ayant fait partie de la *Somerset Foundry* décidèrent de s'associer dans les mêmes termes et souscrivirent un capital de 8,000 dollars, divisé en 80 actions. Depuis lors le fonds social a oscillé entre 8,000 et 16,000 dollars. Malheureusement le capital fut plus souvent nominal qu'effectif, les paies devinrent irrégulières et des ouvriers durent se contenter de titres d'actions, en représentation d'une partie de leur main-d'œuvre ; la stabilité du personnel et le crédit de l'association se ressentirent de cette pénurie, le fonds de réserve ne put être constitué. Pour comble de malchance, des créances impayées firent perdre 4,000 dollars aux troisième et quatrième exercices.

Malgré ces difficultés, en dépit de l'inexpérience des fondateurs et du découragement de quelques-uns, l'association a survécu : depuis 1885, les paies se font mensuellement et les bénéfices de cette même année (1885) ont permis de distribuer un dividende égal à 3 0/0 du capital (11,900 dollars.)

ment par la poste ou autrement et sept jours à l'avance, indique le lieu, l'heure, l'objet de la réunion. En cas d'absence ou d'empêchement du président, le secrétaire, à la requête de cinq actionnaires, au moins, est tenu de notifier de la même manière que ci-dessus le but de la réunion.

Art. 11. — Le Conseil se réunit une fois par mois au minimum et, sur la convocation du président, pour toute affaire nécessitant l'intervention des administrateurs; les décisions sont prises à la majorité.

Art. 12. — Aucune distribution de dividende entre ouvriers, clients et associés ne peut être autorisée avant le versement, au fonds de réserve, d'une somme égale à 10 0/0 des bénéfices nets et cela jusqu'à ce que ledit fonds s'élève à 30 0/0 du capital social.

Art. 13. — Les actionnaires employés par la Compagnie doivent se conduire et travailler au mieux des intérêts de l'association ; faute de quoi, ils s'exposent à être congédiés par le chef d'atelier ou surintendant; ils ne peuvent être réemployés sans le consentement des deux tiers des membres du Conseil d'administration.

Art. 14. — Lorsque la Compagnie fait des apprentis, les fils d'actionnaires ont la préférence.

Art. 15. — Aucun actionnaire n'est considéré à titre d'ouvrier associé s'il ne possède cinq actions, mais il peut être employé comme tout autre par le chef d'atelier.

Art. 16. — Pendant les deux années qui suivront la date de sa constitution, la Compagnie ne sera tenue au remboursement d'aucune part du capital ; ultérieurement, la demande de remboursement présentée par un actionnaire sera soumise à un délai de quatre mois, mais le transfert des titres sera immédiatement consenti à tout cessionnaire agréé par le Conseil d'administration.

Art. 17. — L'associé désireux de vendre des actions doit les offrir tout d'abord à la Compagnie.

Art. 18. — Nul n'est éligible à une fonction quelconque dans l'association s'il n'est actionnaire.

Art. 19. — Les présents statuts peuvent être modifiés ou amendés par une assemblée régulière des actionnaires, mais toute modification, pour être valable, doit être votée par les deux tiers des membres présents.

Peu de mois après l'installation de la *Kingston Foundry*, un établissement similaire était créé par un autre groupe de modeleurs à Taunton, sous la dénomination de *Leonard Cooperative Foundry*. Contrairement à ce qui avait eu lieu pour la précédente, le capital souscrit de 25,000 dollars (250 actions) fut entièrement versé par les fondateurs, au nombre de quarante-sept, et les bénéfices de trois exercices servirent à la constitution de la réserve légale. Depuis lors, les associés se sont distribué des dividendes de 5 0/0, en 1881, et de 6 0/0 pour chacune des années suivantes. Les membres de la *Leonard Cooperative Foundry* sont justement fiers du bon renom attaché à leur marque et n'épargnent ni le travail ni les soins pour maintenir cette réputation; leur usine est la plus importante des fonderies coopératives américaines.

Dans les trois établissements ci-dessus mentionnés, le travail se fait surtout aux pièces et suivant les tarifs adoptés par les patrons des autres fonderies.

Avec l'*East Templeton Cooperative Chair Compagny*, nous abordons une industrie qui s'adresse à une tout autre classe de consommateurs. D'habiles ouvriers, demeurés sans ouvrage à la suite de la faillite de deux ateliers d'ébénisterie et désireux de ne point quitter la ville où la plupart possédaient leur maison, fondèrent, le 19 octobre 1872, une fabrique de sièges, au capital de 10,000 dollars (1). Les associés firent l'acquisition d'un immeuble et consacrèrent un millier de dollars à l'achat de machines nouvelles. L'année suivante, l'actif s'éleva à 21,059 dollars et les charges passives à 11,059 seulement; à la fin du même exercice, le capital social fut porté à 15,000 dollars et à 20,000, en 1881. Après huit années de prospérité, due principalement à la parfaite entente des coopérateurs, une faillite occasionna la perte de trois mille dollars, puis un incendie détruisit l'atelier et les marchandises approvisionnées, réduisant le fonds social, de quinze mille dollars.

Avec cinq mille dollars payés par l'assurance, cinq mille dollars prêtés sur hypothèque et quatre mille empruntés par les associés personnellement, une nouvelle fabrique fut bâtie, outillée et remise en marche. Il ne restait à rembourser, l'année dernière, que quinze cents dollars sur le dernier emprunt et la perte résultant de l'incendie se trouvait couverte, à deux mille dollars près. Le

(1) Comme dans les associations déjà indiquées, l'action est de cent dollars.

personnel ne travaille jamais moins de dix heures lorsque le jour le permet, car, durant la saison d'hiver, les ateliers ne sont pas éclairés à la lumière artificielle.

La paie est mensuelle; aux termes des statuts, la Compagnie s'est réservé de retenir, avec le consentement de l'intéressé, une fraction du salaire dû à l'ouvrier actionnaire; cette retenue donne droit à l'intérêt de 6 0/0, mais la mesure n'a été appliquée qu'au début de l'association.

D'autres ébénistes, également sans ouvrage, fondèrent l'*Athol Cooperative Furniture Company* et, par une coïncidence singulière, l'atelier de cette société devint aussi la proie du feu. Le défaut originel était le manque de capitaux. De fréquentes mutations dans le personnel dirigeant, des salaires souvent exagérés pour une main-d'œuvre imparfaite ajoutèrent aux premières difficultés et n'ont permis jusqu'ici la distribution d'aucun dividende.

Il nous reste à parler de cinq associations coopératives de cordonniers, dont quatre dans la seule ville de Stoneham. La première en date, la *Stoneham Cooperative Shoe Company,* rencontra de nombreuses résistances de la part des personnes avec lesquelles il lui fallait compter et qui considéraient la nouvelle Compagnie comme une émanation des *Trade-Unionists.* A force de prudence et d'énergie, les administrateurs obtinrent un véritable succès financier. Le tableau récapitulatif des sociétés ouvrières du Massachusetts indique, pour cette association, une moyenne de dividendes égale à 14, 15 0/0; la répartition des bénéfices s'est élevée jusqu'à 40 0/0 du capital, en 1874. L'année suivante, il est vrai, le dividende tombait à 2 1/2 0/0, mais pour remonter, de 1879 à 1884, aux chiffres respectifs de 17, 15, 15, 21, 20 et 6 0/0.

A l'exception d'un seul, tous les souscripteurs aux actions de la *Stoneham Shoe Company* étaient cordonniers. Les titres sont restés, pour la plupart, entre les mains d'ouvriers dont un certain nombre travaille dans d'autres fabriques, quelques-uns dans diverses parties du Massachusetts, voire même dans des Etats voisins. Les ouvriers associés reçoivent une paie mensuelle; les ouvriers non actionnaires, une paie hebdomadaire. Les salaires des *formiers* sont fixés par l'*Union* de la corporation; pour le reste des employés, les tarifs acceptés par les Sociétés non coopératives servent de bases aux prix de façon.

Malgré des débuts difficiles, dus surtout à la stagnation des affaires, la possibilité d'imiter l'heureuse tentative de leurs devanciers fut bientôt démontrée aux travailleurs économes qui fondèrent la *Middlesex Cooperative Boot and Shoe Company*. Pendant trois années consécutives, de mauvaises créances grevèrent le compte de profits et pertes; mais, cette période une fois passée, les dividendes progressèrent régulièrement depuis 5 jusqu'à 25 0/0. Le capital, porté de 10,000 dollars, en 1875, à 15,000, en 1883, se trouve actuellement partagé en soixante actions. Aucune association américaine de producteurs ne présente, au même degré, la subdivision du fonds social; car, sur quarante-sept membres, treize seulement possèdent deux actions et trente-quatre n'en détiennent qu'une. Ces coopérateurs se plaignent des taxes qui les frappent plus durement que les sociétés privées, les dernières dissimulant aisément les chiffres sur lesquels se base l'impôt. Des plaintes identiques se retrouvent dans les dépositions d'autres associations ouvrières.

Un des traits caractéristiques de l'entreprise enregistrée, le 10 octobre 1882, sous la dénomination de *American Cooperative Boot and Shoe Company*, consiste dans l'indépendance absolue de la gérance vis-à-vis des actionnaires employés. Contrairement aux errements d'autres sociétés coopératives, l'embauchage et le renvoi des ouvriers, associés ou non, la désignation et le contrôle des travaux, relèvent exclusivement du Directeur qui agit sous sa responsabilité.

Le paiement comptant des actions est rigoureusement exigé ; si l'un des employés désire se libérer par acomptes, il lui faut trouver une personne qui solde le montant du titre, sauf à s'acquitter envers elle comme il l'entend. Les actions sont de 250 dollars ; nul associé n'a donc légalement droit à plus de quatre parts.

Après une première année fructueuse, une faillite a mis le second exercice en déficit sans ébranler néanmoins le crédit de la Compagnie.

La plus récente association de cordonniers, à Stoneham, est la *Franklin Boot and Shoe Company*, qui date du 30 mars 1883. Le premier trésorier élu ne sut pas faire rentrer le capital souscrit, il fallut remplacer ce fonctionnaire ; le second parvint à recueillir sept

mille dollars, mais ne réussit pas à louer un établissement convenable. Les associés se virent obligés d'immobiliser trois mille cinq cents dollars pour la création d'un atelier et ne purent commencer les opérations commerciales qu'au mois de janvier 1884, avec un fonds de roulement dont la modicité devint une cause d'embarras. Malgré toutes ces entraves et plusieurs mois de chômage partiel (la journée se trouvait alors limitée à huit heures), les commandes arrivèrent peu à peu des États de l'Ouest, puis affluèrent au point de dépasser les ressources financières de l'association. Quatre ou cinq mille dollars de plus eussent permis à la *Franklin Company* de doubler son chiffre d'affaires.

Enfin la *Wakefield Cooperative Shoe Company,* dont la création fut motivée par le succès des cordonneries coopératives de Stoneham et par la possibilité d'acquérir à peu de frais une petite fabrique de Wakefield, est de date trop récente (1) pour qu'il soit possible d'en préjuger sûrement l'avenir. Cependant le nombre relativement considérable des associés (80 pour 150 actions de 100 dollars, l'une), la nature des produits, recherchés de la Nouvelle-Angleterre, les soins apportés à la fabrication par les ouvriers-actionnaires, constituent des gages de prospérité.

De tout ce qui précède, il résulte que les États-Unis, dont la hardiesse industrielle et commerciale est incontestable, dont les Trade's-Unions forment des armées et soutiennent des grèves colossales, commencent seulement à se préoccuper de l'application des divers systèmes coopératifs de production.

Les études publiées sur la situation actuelle des travailleurs américains (2) expliquent ce retard et montrent aussi pourquoi le Massachusetts, mieux que les autres Etats, se prête au développement des associations ouvrières. Nulle part ne se rencontre, comme au Massachusetts, le type vraiment américain façonné par les institutions démocratiques. Sur cent travailleurs, vingt-cinq possèdent la maison qu'ils occupent; sur douze cents personnes nées dans le pays, une seule ne sait ni lire ni écrire, tandis que sur cent émigrants de diverses nationalités, quatre Allemands ou

(1) 15 novembre 1883.

(2) Voir notamment le mémoire lu à la *Société des arts de Londres*, par M. D. Pidgeon, dans la séance du 21 janvier 1885.—Extraits traduits par Ed. Simon dans le Bulletin de la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale,* février 1885.

quatre Ecossais, six Anglais, vingt Franco-Canadiens, vingt-huit Irlandais et trente-quatre Italiens sont complètement illettrés.

Les artisans américains qui, à force d'économie, de persévérance, de caractère, se sont créé un intérieur confortable et respectable, sont aptes à comprendre les bienfaits et les devoirs de la coopération; incapables de lutter isolément sur le marché industriel avec un pécule limité, ils peuvent, en réunissant leurs épargnes et leurs énergies, occuper une situation importante. Malheureusement les grands centres manufacturiers, alimentés surtout par l'émigration, présentent des contrastes frappants avec les vallées occidentales du Massachusetts où se manifestent surtout les effets de l'éducation américaine. Les descriptions de certaines parties de Lowell, de Holyoke, etc., sont trop connues pour y insister. Là s'entassent, dans des quartiers distincts, les Irlandais et les Franco-Canadiens, qui fournissent le plus gros contingent des salariés. Les derniers, simples, bienveillants, durs à la peine, gais malgré leur misère, se contentent de salaires peu élevés; dépourvus d'ambition, ils végètent aux Etats-Unis avec l'espoir de retourner un jour au Canada et meurent souvent sans réaliser ce désir ; chez les Irlandais, l'ivresse et la débauche exercent de terribles ravages.

Le problème est donc redoutable aux Etats-Unis plus qu'ailleurs; l'*association*, qui semble la solution rationnelle, se heurte à des éléments hétérogènes et nullement préparés. Pour atteindre au but sans secousses violentes, « l'*Etat*, le *Temple* et l'*Ecole*, — écrivait l'un des observateurs auxquels nous faisions allusion plus haut (1), — pourront moins que l'employeur. » Le patron, en effet, a charge d'âmes et doit entreprendre l'éducation de ses collaborateurs; nous avons essayé de montrer, dans une précédente communication, que nombre d'industriels français l'entendent ainsi.

(1) M. Pidgeon.

CHRONIQUE

—

Sommaire. — **Les rails d'acier. — Propriétés des fils d'acier. — Locomotives américaines. — Explosion d'une chaudière de locomotive. — Dosage de l'acide carbonique dans l'air.**

Les rails d'acier. — Dans un mémoire sur les joints des rails et les rails d'acier qui se trouve dans les publications de *l'Institution of civil Engineers*, notre collègue M. Sandberg donne, relativement au renouvellement en rails d'acier des voies de chemins de fer, quelques considérations qui nous paraissent mériter d'être reproduites,

Dans le remplacement des rails en fer par des rails d'acier, les ingénieurs anglais ont augmenté le poids des rails dans une proportion allant jusqu'à 20 p. 100, en prévision de l'accroissement du trafic et en profitant de la diminution du prix des rails d'acier qui a été sans cesse en s'accentuant jusqu'à ce que le prix de ces rails soit tombé au-dessous de celui des rails en fer.

Au contraire, sur le continent, on a cherché à compenser l'excédent de prix des rails en acier qui existait au début, par une réduction d'environ 20 p 100 dans le poids des rails et ensuite on a augmenté la hauteur des rails plutôt que d'en augmenter le poids.

Il est résulté de cette manière d'opérer, qu'alors qu'en Angleterre les lignes principales sont toutes armées aujourd'hui de rails d'acier d'au moins 40 kilogrammes par mètre courant, portés sur des coussinets de $0^m,305$ de largeur de base, la plupart des lignes continentales ont conservé leurs rails à patins de 30 kilogr. par mètre courant, portant sur les traverses par une base de $0^m,100$ environ. On ne pouvait évidemment pas s'attendre au même résultat dans les deux cas. Si on suppose que le patin emploie le quart du métal, il faudrait un rail de 50 kilogrammes pour correspondre au rail anglais de 40 kilogrammes et encore, avec ce poids, la largeur de la base ne serait-elle que la moitié de celle du coussinet. Les rails du Métropolitain pèsent 46 kil. et sont portés sur coussinets, tandis qu'il est si rare de voir des rails à patin de fort poids que le *Railroad Gazette* présentait récemment comme un rail monstre un rail de ce genre pesant 41 kilog. par mètre courant.

Pour établir une comparaison entre le coût des voies anglaises et celui d'une voie posée en rails à patin il faut, dans le premier cas, tenir compte du prix des coussinets, celui des traverses, éclisses, bou-

lons, etc., étant supposé le même dans les deux cas. Si on compte chaque coussinet à 18 kilog. et le prix par tonne à la moitié du prix des rails d'acier, en supposant un coussinet par yard (0^m,915, il en résulte qu'il faut ajouter au prix du rail anglais celui de 10 kilog. d'acier par mètre courant, ce qui fait l'équivalent d'un rail à patin de 50 kilogr.

Si maintenant on considère le trafic qui existe sur les chemins de fer anglais avec celui des chemins de fer du Continent et des États-Unis établis en rails à patin, on constate d'abord en faveur des premiers une vitesse moyenne incontestablement supérieure ; mais, d'autre part, les voies posées en rails à patin sont généralement, dans cette comparaison, établies sur des profils comportant des inclinaisons plus considérables et, dans certains cas, les vitesses sont bien peu différentes de celles qu'on réalise en Angleterre. En outre, sur les lignes continentales, les machines sont généralement plus lourdes que de l'autre côté de la Manche, de sorte que, tout compte fait, le travail auquel les rails sont soumis est à peu près le même dans les deux cas.

Maintenant sont-ce les Anglais qui ont des rails trop lourds ou les chemins de fer du continent des rails trop légers? La réponse n'est pas douteuse, si on se place au point de vue de la sécurité et de l'économie d'exploitation.

Depuis l'introduction des rails d'acier, les cas de déraillement ont diminué en Angleterre dans des proportions énormes, ainsi que les dépenses d'entretien de la voie et du matériel roulant ; quant au confortable avec lequel le voyageur est transporté, il est assurément sans rival.

Aujourd'hui qu'on apprécie de plus en plus la valeur du temps pour les trajets sur le continent et que les trains internationaux à grands parcours avec matériel pesant, tels que wagons restaurants, sleeping-cars, etc., deviennnent d'un usage de plus en plus fréquent, on ne tardera pas à reconnaître que le rail de 30 kilogr. est trop léger, au moins sur les grandes lignes et qu'il est urgent de le remplacer par un rail plus lourd. Il faudra peut-être dix ans pour que cette substitution soit complètement opérée.

Pendant ce temps le trafic augmentera d'une manière continue, et peut-être aussi la vitesse, car les statistiques démontrent que, sur certaines lignes, le poids des trains a à peu près doublé depuis dix ans. Si donc on remplace le rail de 30 kilog. par un de 35 ou 40 kilog., le nouveau se trouvera encore trop léger, quand la substitution aura été opérée complètement. Il serait donc, dans bien des cas, prudent de prendre dès à présent un parti radical et d'adopter le rail de 45 ou 50 kilog.

Avec les sections étudiées par M. Sandberg, le rail de 45 kilog. aurait 0^m,140 de hauteur et de largeur de patin, et celui de 50 kilog. 0^m,152. Ces rails seraient, dans les climats tempérés, réunis par des

éclisses angulaires prolongées donnant au joint la même résistance qu'au rail, et dans les pays froids, avec des éclisses angulaires simples, le joint a, dans ce dernier cas, un peu moins de résistance à la flexion que le rail, mais la largeur d'appui est augmentée et atteint, rail et éclisses, $0^m,230$ environ.

L'auteur ne se dissimule par qu'en formulant ce programme, il est exposé à rencontrer une vive opposition de la part des ingénieurs de la voie, mais si ces derniers veulent bien prendre en considération la sécurité des voyageurs, à laquelle ils sont très intéressés, puisqu'en cas d'accident c'est généralement à eux qu'on s'en prend, et l'économie d'entretien des voies et aussi du matériel roulant, pour ne rien dire du bien-être du public voyageant, ils se rallieront peu à peu à ces idées et se mettront en mesure de répondre aux besoins de l'avenir avant qu'il soit trop tard pour le faire.

Propriétés des fils d'acier. — Dans une récente discussion sur la question de l'acier à l'*Institution of Civil Engineers*, un des membres présents, le docteur W. Poole, a communiqué des faits très remarquables relativement aux fils d'acier, lesquels lui avaient été communiqués par le docteur Percy, le célèbre métallurgiste.

M. Poole avait eu occasion de faire en 1862 quelques expériences sur la tension des cordes de piano et il avait trouvé que les fils d'acier dont ces cordes sont formées ont une résistance extraordinaire à la traction. On sait que, pour qu'un fil d'une certaine longueur et d'un certain poids donne une note déterminée, correspondant à un certain nombre de vibrations par seconde, il doit être soumis à une tension également déterminée. En procédant dans cet ordre d'idées, on a trouvé qu'une corde de piano en fil d'acier pouvait subir des tensions de 160 à 190 kilogr. par millimètre carré de section. A l'époque où M. Poole communiqua ces faits à l'Institution, personne n'avait connaissance d'efforts semblables supportés par l'acier et ils furent mis en doute notamment par sir Joseph Whitworth. Ces faits ont depuis été vérifiés et reconnus exacts.

Le docteur Percy que cette question intéressait particulièrement a constaté récemment avec la machine à essayer de Woolwich que du fil d'acier pouvait résister à l'énorme tension de 240 kilogr. par millimètre carré. Des fabricants de pianos bien connus, MM. Broadwood ont affirmé à M. Poole que, depuis 15 ou 20 ans, la qualité des fils d'acier employés dans cette industrie avait été grandement améliorée au point de vue de la résistance.

Il est curieux que l'acier, sous cette forme, possède une résistance absolument extraordinaire, mais il l'est peut-être encore plus que le métal ne soit ni dur ni cassant; on le contourne en effet de diverses manières, on l'enroule sur des chevilles de très faible diamètre sans

modifier sa résistance. On doit également signaler la valeur très élevée de sa limite d'élasticité. Une corde de piano est tendue presque à sa résistance extrême à la rupture et cependant elle conserve son élasticité puisqu'elle peut garder la note pendant un temps très considérable, ce qui indique bien qu'elle ne s'allonge pas davantage.

M. Poole pense qu'une forme de l'acier qui présente des propriétés aussi singulières, mérite bien d'être étudiée à fond, et que si on pouvait déterminer exactement les conditions de production de ces qualités d'acier, on pourrait en tirer des renseignements des plus utiles au point de vue des propriétés de ce métal en général.

Locomotives américaines. — Sur le *Canadian Pacific Railroad*, à la partie où le tracé franchit les montagnes Rocheuses, on a été conduit à établir une ligne provisoire à fortes rampes dans l'endroit connu sous le nom de Kicking Horse Pass.

Sur 11,672 mètres de parcours, cette ligne comporte 805 mètres en rampe de 35 millièmes, 5,232 en rampe de 45 millièmes, et enfin 5.635 en rampe de 22; c'est une moyenne de 33,2 millièmes pour franchir une différence de niveau de 387^{m},60.

Comme il se rencontre des courbes sur ce parcours, on a dans ces courbes réduit l'inclinaison de manière à conserver une résistance uniforme. A cet effet, on considère la courbe de 175 mètres de rayon, ou 10 degrés suivant la manière de compter en Amérique, comme équivalente à une rampe de 3 millièmes, donnant par conséquent 3 kilogr. de résistance par tonne.

Cette ligne temporaire est exploitée avec des locomotives ordinaires type *Consolidation* de Baldwin. Ces machines ont 8 roues accouplées de 1^{m},220 de diamètre et des cylindres de 0^{m},58 de diamètre et 0^{m},661 de course. La pression à la chaudière peut monter à 10^{k},50 par centimètre carré.

On a fait, relativement à la puissance de ces machines, des expériences dont on trouve le détail dans un mémoire de M. Cuningham. inséré dans les publications de l'*Institution of Civil Engineers* et dont nous donnons ci-après les résultats.

Ces expériences ont été faites les 20 et 28 janvier 1885 par un temps sec et froid, le thermomètre marquant 5 degrés au-dessous de zéro. On opérait sur la rampe de 45 millimètres sur une longueur de 5,185 mètres.

La durée du trajet a été de 45 minutes, ce qui donne une vitesse de 6,913 mètres à l'heure. La pression était de 9 kilogr. au départ et de 10 à l'arrivée. Le poids du train se répartissait comme suit :

Machine	Charge sur les roues motrices	46,206kg	
	— sur le truck d'avant	6,342	
			52,548
Tender plein			22,650
Train de 12 cars			127,225
Poids total du train.			202,423

Le 20 janvier on brûlait du bois et on a éprouvé beaucoup de difficulté à tenir la pression, tandis que, le 28 du même mois, on a brûlé du charbon et les résultats ont été satisfaisants.

La consommation d'eau pour le trajet a été de 5,570 litres et celle du combustible de 1,212 kilogr.

De ces données nous pouvons tirer quelques conclusions intéressantes.

En comptant 45 kilogr. de résistance pour la gravité et 5 pour la traction en palier, on arrive à un total de 50 pour l'ensemble du train, moteur compris. On obtient ainsi un effort de traction total de 202,423 $\times$ 50 $=$ 10,000 kilogr. en nombre rond, chiffre qui est sensiblement exact, car 1 kilogr. de plus ou de moins pour la résistance en palier n'a qu'une très faible influence relativement à la résistance totale où l'effet de la gravité est prépondérant. Mais, pour calculer le travail, il faut prendre le poids moyen du train pendant le trajet et défalquer du poids au départ la moitié du poids d'eau et de combustible consommé, laquelle moitié est de 3,490 kilogr.

Le poids moyen est donc de 198,933 kilogr., de sorte que l'effort moyen ressort à 198,933 $\times$ 50 $=$ 9,950 kilogr. en nombre rond.

Cet effort de traction correspond à 1/4.64 du poids adhérent. L'effort maximum au départ a à peu près la même valeur 1/4.62.

Si on rapporte cet effort aux dimensions des organes moteurs de la machine, on trouve qu'il représente les 0,75 de la pression moyenne à la chaudière, de sorte que, si on admet que la résistance du mécanisme absorbe 15 0/0 du travail, la pression moyenne effective sur les pistons ressort aux 88 centièmes de la pression à la chaudière, et, si on suppose seulement 12 1/2 0/0 pour la résistance du mécanisme, cette pression moyenne ressort encore aux 85 1/2 0/0 de la pression à la chaudière. Ces chiffres sont bien élevés, mais ils peuvent cependant s'expliquer par la très faible vitesse du fonctionnement. En effet, la vitesse du train qui est de 6,913 mètres à l'heure correspond à $1^m,92$, par seconde, soit, avec des roues de $1^m,220$ de diamètre, à 30 tours seulement par minute des roues motrices et à une vitesse moyenne des pistons de $0^m,661$ par seconde. On conçoit que, dans ces conditions qu'on peut considérer comme exceptionnelles, la pression de la vapeur passant par des orifices s'ouvrant très largement doit s'exercer dans les cylindres avec toute son intensité, de même que l'échappe-

ment doit s'opérer sans difficulté. Le diagramme d'indicateur qu'on obtiendrait avec ce genre de fonctionnement serait un rectangle avec deux angles opposés abattus, l'un pour une faible détente et l'autre pour une légère compression.

Il est tout naturel que la compensation de ces conditions favorables au développement de l'effort moteur se fasse sentir du côté de la dépense.

Le travail net est exprimé par le produit de l'effort de traction à la circonférence des roues motrices par la vitesse de translation. En appliquant les données mentionnées plus haut, on arrive pour le travail au chiffre très modéré de $9{,}950 \times 1{,}92 = 19{,}104$ kilogrammètres ou 255 chevaux en nombre rond.

La dépense d'eau ressort ainsi à 30 litres et la dépense de combustible à 6,30 kilogr. par cheval et par heure.

On voit que la dépense en eau est très considérable ; quant à celle du combustible, on doit dire que la qualité de celui-ci était assez médiocre, car chaque kilogramme n'a vaporisé dans cet essai que 4,75 litres d'eau.

Ajoutons comme renseignement que l'effort de traction calculé avec le coefficient ordinairement employé de 0,65 correspond à un coefficient d'adhérence égal à 1/5 en nombre rond.

On voit que l'effort de traction peut être porté à 10 0/0 au delà de la valeur donnée par le coefficient 0,65, mais au prix d'une dépense de vapeur considérable; on voit également qu'avec des machines à quatre essieux accouplés, le coefficient d'adhérence peut descendre notablement au-dessous de 1/5. Nous rappellerons que dans un cas très analogue à celui dont nous nous occupons, l'exploitation d'une ligne provisoire à rampe de 60 millièmes sur le Southern Pacific, des machines du type et du poids de celles qui font le sujet de cette note ont donné des coefficients d'adhérence descendant à 1/3,1 comme nous l'avons indiqué dans la Chronique de mars 1880, page 403.

Explosion d'une chaudière de locomotive. — Le 27 septembre dernier, une locomotive à foyer Wootten a fait explosion sur le Baltimore and Ohio Railroad. L'explosion est arrivée en marche, la machine traînant un train express; il n'y a pas eu de mort, le mécanicien, le chauffeur et un serre-frein ont été grièvement brûlés et deux voyageurs ont été légèrement blessés; outre la machine, le tender et plusieurs voitures ont été endommagés et des fragments de la chaudière ont été projetés à une distance de 100 mètres de la voie.

Si nous mentionnons cet accident, c'est à cause des réflexions qu'il inspire au *Railroad Gazette* et qui nous paraissent intéressantes à reproduire.

Il existe plusieurs centaines de machines avec des foyers Wootten,

de sorte qu'on ne peut attribuer l'explosion au mode de construction de la boîte à feu. Le nom des constructeurs, la maison Baldwin, inspire assez de confiance pour qu'on ne puisse mettre en avant un travail défectueux; enfin, la machine étant neuve, la question d'altération par suite d'usure doit être mise de côté. On est donc obligé de se rejeter sur une conduite défectueuse de la chaudière et très probablement sur un manque d'eau.

On emploie peu aux États-Unis les bouchons fusibles parce qu'on leur reproche de ne pas toujours agir en cas de besoin, et de fondre aussi quelquefois sans que le ciel du foyer commence à se découvrir. Ce fonctionnement défectueux tient à une mauvaise disposition de ces bouchons et il serait à désirer qu'on revînt à leur emploi.

Quoi qu'il en soit, il est admissible que, dans le cas qui nous occupe, l'accident a pu se produire à cause du système Wootten, non pas directement, mais indirectement, parce que la disposition de ce foyer qui déborde latéralement sur les roues d'arrière oblige à mettre le cab du machiniste sur la chaudière et à séparer complètement cet agent du chauffeur.

Il y a des objections sérieuses à la séparation complète du personnel. En dehors de la surveillance des appareils de sûreté qui s'opère bien plus efficacement par deux personnes que par une seule, il est certain que le chauffeur a tout à gagner au voisinage du mécanicien qui le met par ses instructions et son exemple au courant des fonctions qu'il aspire généralement à remplir lui-même plus tard. Toute disposition de chaudière qui oblige le mécanicien et le chauffeur à être séparés l'un de l'autre prête à objection sérieuse au point de vue de la sécurité.

On peut y parer jusqu'à certain point en mettant deux chauffeurs, ce qui a été fait dans certains cas, mais c'est une solution qui n'est ni complète ni surtout économique.

Il semble que les réflexions du *Railroad Gazette* peuvent s'appliquer non seulement aux machines à foyer Wootten, mais encore à certaines dispositions de machines apparues récemment sur le Continent.

Dosage de l'acide carbonique dans l'air. — On a proposé divers moyens pour doser rapidement la quantité d'acide carbonique contenue dans l'air, question qui présente un grand intérêt au point de vue de l'hygiène, bien qu'il ne soit pas absolument exact de dire que le degré d'insalubrité de l'air à respirer soit proportionnel à sa teneur en acide carbonique, parce que longtemps avant que la proportion de ce gaz devienne excessive au point de vue de la respiration, l'air se trouve généralement souillé par des miasmes provenant de l'organisme et qui le rendent désagréable et insalubre à respirer.

Le professeur Pettenkofer a proposé une méthode très précise, consistant dans l'absorption de l'acide carbonique par l'eau de baryte, puis la

précipitation par l'acide oxalique, l'application de ce procédé se faisant par des méthodes volumétriques.

Cette méthode, de même que celles de Hesse, de Rüdorff, Blochmann etc., est plutôt du domaine du laboratoire que de celui de la pratique journalière.

Au contraire le procédé de dosage du docteur Wolpert, de Nüremberg, décrit dans le *Gesundheits-Ingenieur*, paraît assez simple pour être employé partout et par tout le monde.

L'appareil se compose d'un vase en verre, au fond duquel est tracé un chiffre ou caractère quelconque servant d'indicateur. On remplit ce vase d'eau de chaux et on fait passer lentement dans cette eau l'air extérieur aspiré par une poire en caoutchouc. On continue le passage de l'air jusqu'à ce que le liquide troublé par la formation de carbonate de chaux devienne assez laiteux pour qu'on ne puisse plus distinguer le caractère tracé au fond du vase. Le nombre de fois qu'on a rempli et vidé la poire en caoutchouc par la simple pression de la main, donne sur une table jointe à l'appareil la proportion d'acide carbonique qui existe dans l'air soumis à l'expérience. Cette méthode très simple est suffisamment précise pour les recherches relatives à la ventilation.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

OCTOBRE 1886

Rapport de M. Alf. TRESCA sur le **moteur agricole à essence de pétrole**, de M. LENOIR.

Ce moteur, inventé par M. Lenoir et construit par MM. Mignon et Rouart, emploie de l'air carburé par son contact avec des essences de pétrole; il est à simple effet et à compression avec une explosion par deux tours, comme dans le moteur à gaz Otto.

Des expériences, faites par M. Alfred Tresca, ont fait voir qu'on peut obtenir un cheval avec une consommation de 0,65 de litre de gazoline par heure. En admettant les prix de 70 centimes à Paris et 50 centimes hors Paris pour la gazoline, on voit que le cheval-heure reviendrait respectivement à 44 et 32 centimes.

Le moteur à essence de pétrole peut donc rendre de réels services dans les localités dépourvues d'usines à gaz, en présentant les mêmes avantages que le moteur à gaz, dont le principal est la mise en marche immédiate, ainsi que l'absence de consommation pendant les arrêts.

Rapport de M. A. DAVANNE, sur les **gravures photo-typographiques**, présentées par M. MANZI, ingénieur de la maison BOUSSOD et VALADON, successeurs de la maison GOUPIL.

Ces gravures sont exécutées au moyen de planches produites par transformation d'un cliché photographique, au moyen du procédé du réseau ou grisé, procédé très simple en principe, mais dont l'application soulevait de grandes difficultés.

Sur la **distribution de l'électricité**, par M. le professeur FORBES. (Extrait du *Journal of the Society of arts.)*

Sur **l'application de l'électricité à la métallurgie**, par M. VEDRINSKY. (Extrait du *Moniteur scientifique.)*

Dynamomètre d'inertie de M. DESDOUITS, par M. J. SAULNIER. (Extrait du *Cormos.)*

Nous avons fait connaître cet appareil et ses applications à l'étude de la résistance des locomotives et des trains d'après une note des *Annales des ponts et chaussées*, dans les comptes rendus de mai 1886, page 569.

Note sur les **industries du pétrole en Europe**, par M. HERBERT-TWEDDLE. (Traduit de *Engineering.)*

Note sur les **liquides des compteurs à gaz**, par M. Emile DEBUCHY. (Extrait du *Génie Civil.)*

Reproduction artificielle des alcaloïdes. (Traduit du *Dingler's Polytechnische Journal.)*

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

SEPTEMBRE 1886.

Note sur **l'emploi du sel** pour le déblaiement de la neige, par M. BARABANT, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Cette note contient d'intéressants détails sur l'emploi du sel pour faire fondre la neige.

Autrefois, en 1879-80 par exemple, chaque centimètre d'épaisseur de neige tombant à Paris exigeait une dépense de 60,000 francs pour son enlèvement; cette dépense est aujourd'hui réduite des 2/3, soit à 20,000 francs par l'emploi du sel. On se sert de sel égrugé, c'est-à-dire de sel gemme en petits grains provenant des salines de l'Est et revenant à Paris à 31 francs la tonne en sacs. Ce sel, pour l'usage dont il s'agit, est dégrevé des droits.

On le répand, soit à la pelle, soit à l'aide de machines spéciales, à raison de 20 grammes par mètre superficiel et par centimètre de hau-

teur de neige. Le mélange se liquéfie et au bout de quatre à cinq heures, on peut le balayer dans les égouts en l'additionnant d'eau, ce qui supprime les transports très onéreux.

L'emploi du sel ne peut avoir lieu sur les empierrements qu'il désagrège et détruit rapidement.

La note comprend une comparaison entre la dépense de fusion de la neige par la vapeur, procédé proposé et expérimenté il y a quelques années, et la dépense avec le sel. Par la vapeur on dépense 0 fr. 0024 en combustible par mètre carré et par centimètre de hauteur de neige, au lieu de 0 fr. 00062, soit quatre fois plus qu'avec le sel, sans parler de la difficulté d'emploi de la vapeur.

Notice sur **l'exploitation des ports maritimes**, par M. L. Le Rond, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ce travail comprend l'étude des divers appareils servant à l'exploitation des ports maritimes, tels qu'appareils de chargement, terre-pleins, hangars, voies ferrées, etc.

Au point de vue des appareils de chargement, l'auteur fait une intéressante comparaison entre les divers systèmes de grues, à vapeur, hydrauliques, etc. Cette comparaison l'amène à conclure que les installations hydrauliques sont à leur place dans les docks où règne une exploitation intensive, concentrée sur une étendue relativement réduite, mais qu'en dehors de ces cas et là surtout où le trafic est irrégulier, ces installations deviennent un objet de luxe trop coûteux. Mais si on doit chercher à appliquer dans chaque cas le système qui correspond le mieux aux nécessités, il n'est pas douteux que l'emploi de l'outillage ne soit un grand perfectionnement, car il permet de doubler et au delà le rendement des quais, ce qui permet de dire qu'outiller un port équivaut à y doubler le développement des quais. Il ne faut pas se dissimuler d'ailleurs qu'il existe des obstacles qui s'opposent à l'exploitation rationnelle des ports et qui sont : le système d'administration du port, l'opposition des intérêts privés et locaux et enfin les habitudes commerciales. Mais ces obstacles disparaîtront peu à peu et on peut admettre avec la commission d'enquête sur la situation des ports de la Manche que « les installations nouvelles doivent aller au-devant des besoins du commerce et non les attendre ».

On trouve comme annexes à la fin de cette note d'utiles renseignements sur le trafic et l'outillage de divers ports français et étrangers.

Notice sur **les machines à travailler les pierres**, par M. A. Debauve, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Cette étude comprend neuf sections :

1° Outils du tailleur de pierre ;

2° Machines à scier la pierre ;

3° Machines à dresser les surfaces planes;
4° Machines à moulures;
5° Machines à polir;
6° Tours à pierres;
7° Machines à broyer les pierres et à fabriquer le sable;
8° Comparaison du travail à la main et du travail à la machine;
9° Observations générales sur le fonctionnement et l'installation des machines à tailler la pierre.

Nous renverrons au mémoire les personnes que ces questions intéresseraient; nous nous bornerons à citer la question de la fabrication mécanique du sable, qui prend une certaine importance. Il n'est pas de bon mortier sans bon sable. Or, le sable pur est introuvable dans certains pays et on doit laver à grands frais de mauvais sable terreux. La fabrication du sable par broyage des roches est donc appelée à rendre de grands services. De plus, le sable obtenu par broyage a des arêtes vives, est exempt de poussière et donne des mortiers de résistance supérieure à celle des mortiers obtenus avec les sables naturels les plus purs.

La note se termine par des considérations intéressantes sur l'installation d'une usine à travailler les pierres.

Histoire de l'élasticité. — L'Université de Cambridge vient de publier le premier volume de l'*Histoire de la théorie de l'Élasticité et de la Résistance des matériaux depuis Galilée jusqu'à l'époque actuelle,* ouvrage de feu Todhunter, complété par M. Karl Pearson.

Ce premier volume comprend la période qui s'est écoulée depuis Galilée jusqu'en 1850 et renferme la mention ou l'analyse de tous les mémoires et travaux de quelque importance publiés dans cette période dans les divers pays relativement à la théorie de l'Élasticité et de la Résistance des matériaux.

On peut constater avec satisfaction que les auteurs français sont en majorité parmi les savants qui figurent dans ce premier volume.

Navigation de nuit dans le canal maritime de Suez, note de M. F. de Lesseps. (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences.)*

Méthode simple pour le **tracé des joints dans les voûtes elliptiques**, par M.M. d'Ocagne, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Marche des bateaux, par M. Léon Durand-Claye, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

ANNALES DES MINES

2e Livraison de 1886.

Études des **mouvements de l'écorce terrestre** particulièrement au point de vue de leurs rapports avec les dégagements de produits gazeux, par M. DE CHANCOURTOIS, Inspecteur général des Mines.

C'est le compte rendu d'une mission donnée par le Ministre des travaux publics à M. de Chancourtois à la suite d'une communication faite par celui-ci à l'Académie des sciences et dans laquelle il signalait la corrélation probable des dégagements de grisou avec les crises résultant du jeu de l'écorce terrestre, crises auxquelles peuvent se rattacher également les tremblements de terre.

M. de Chancourtois fut chargé d'aller recueillir en Italie des renseignements sur les méthodes d'observation sismographiques et sur les résultats obtenus.

Ce rapport examine successivement les questions de l'origine probable des mouvements du sol, question au sujet de laquelle l'auteur insiste vivement pour la prise en considération du système du Réseau pentagonal, dont la conception est due à Elie de Beaumont, de la classification des mouvements du sol en quatre catégories : secousses, trépidations, ondulations microsimiques et oscillations lentes, la description des appareils pour l'observation des mouvements telluriques, ainsi que les principaux résultats des observations sismologiques.

Note sur le **profil des cames des bocards**, par M. A. THIRÉ professeur à l'École des mines d'Ouro-Preto (Brésil).

Le tracé, ordinairement adopté, des cames en développante de cercle paraît remonter à Belidor ; ce tracé a pour but de rendre uniforme le mouvement ascensionnel.

L'auteur démontre que le profil de la came dépend de la nature du dispositif adopté pour soulever les pilons. Si, pour les bocards où la came passe par une fente ou fenêtre, le profil en développante est le meilleur, il n'en est pas de même lorsque le pilon est soulevé par un mentonnet en saillie ; dans ce cas le profil doit être en arc de cercle. Il est curieux que ce profil était déjà employé avant Belidor dont l'intervention en faveur du profil en développante n'a pas été justifiée au moins pour la disposition la plus répandue de pilons.

Note sur la **délimitation théorique de la zone des affaissements** dus aux travaux des mines, par M. E. VILLIE, ancien ingénieur des mines.

Mise en feu des hauts fourneaux à l'anthracite, par M. T. EGLESTON (traduction de M. E. SAUVAGE, ingénieur des mines).

Note sur les **freins à vapeur des locomotives**, par M. E. SAUVAGE, ingénieur des mines.

Cette note rappelle les freins mus par une roue à réaction agissant sur la vis de serrage du frein, appliqués vers 1860 à quelques machines du chemin de fer du Nord, et donne divers exemples de freins actionnés directement par un cylindre à vapeur. Ce dernier système est simple d'installation et très commode de manœuvre.

L'auteur indique que l'emploi de cet appareil peut faciliter la conduite des locomotives par un seul homme, ce que l'administration supérieure autorise dans certains cas.

Note sur la **consolidation des essieux coudés de locomotives**, par M. E. SAUVAGE, ingénieur des mines.

Ce procédé de consolidation consiste à percer un trou de 60 millimètres de diamètre dans l'axe du tourillon du coude et à y passer un boulon en fer bien nerveux retenu par un écrou, la tête et l'écrou étant noyés dans les coudes. Ce procédé est employé notamment au Midland Railway, en Angleterre.

Sur les **conditions de résistance de quelques éléments des portes de l'écluse de la Monnaie**, par M. RESAL, ingénieur en chef des mines.

Il s'agit des portes de l'écluse de la Monnaie, construites en 1852 dans les ateliers Cavé, sur les plans de M. Poirée. Le revêtement des portes est formé de tôles demi-circulaires, pressées par l'eau sur la partie convexe.

Il résulte de l'étude théorique à laquelle s'est livré M. Resal, que l'épaisseur des tôles travaillant à 6 kilogrammes par millimètre carré devrait être de 3 millimètres ; comme cette épaisseur est en réalité de 7 millimètres, ces portes ont un excès très considérable de résistance.

Conditions théoriques de **résistance des fonds plats des appareils à vapeur**, par M. O. KELLER, ingénieur en chef des mines.

A la suite de l'explosion du fond d'un appareil sécheur de papeterie à Fontenay-sur-Loing, dû au défaut de résistance de ce fond, l'auteur a été conduit à rechercher les conditions de résistance de ces plateaux.

Les conclusions auxquelles il arrive sont, notamment, qu'on doit chercher à réaliser l'encastrement des parois planes, encastrement qu'on obtient soit en multipliant les boulons de fixation, soit de préférence en interposant entre la tête des boulons et le plateau lui-

même une rondelle métallique ayant la même surface que la bride adhérente au cylindre. Il est également à recommander de donner aux fonds de la rigidité au moyen de nervures distribuées suivant un certain nombre de diamètres.

Note sur une **explosion de chaudière,** survenue à Solre-le-Château (Nord).

Cette note relative à une explosion survenue le 7 octobre 1885 à la filature Pollot et C[ie], à Solre-le-Château, est extraite du rapport de M. l'ingénieur des mines Chesneau.

Il s'agit d'une chaudière à deux bouilleurs et trois réchauffeurs, timbrée à 6 kilogrammes.

La chaudière ayant manqué d'eau, la tôle du coup de feu du premier bouilleur a rougi et s'est déchirée sur une longueur de $1^m,80$. Le chauffeur a été brûlé mortellement.

Le rapport conclut qu'une tôle rougie peut se déchirer sans que la pression s'élève au-dessus de la pression normale et, par conséquent, sans qu'il y ait besoin d'un retour d'eau amenant une vaporisation brusque. Il est juste de dire qu'il y a dans ce cas simple déchirure, ce qui n'a aucun rapport avec le phénomène d'explosion dite fulminante.

Note sur la **géologie et l'industrie minérale** du royaume de Perak et des pays voisins (presqu'île de Malacca), par M. J. DE MORGAN, ingénieur civil des mines.

Cette note est relative à l'exploitation des gisements d'étain qui a pris dans la presqu'île de Malacca une extension considérable. En effet, en 1884, la production des mines d'étain s'est élevée à 10,710 tonnes d'une valeur de 23 millions de francs et on peut admettre qu'avec l'amélioration des procédés d'exploitation, le développement de la production ne fera qu'augmenter.

Rapport sur l'**explosion d'un piston creux** aux houillères de Carmaux, par M. MICHEL LÉVY, ingénieur en chef des mines.

Cette explosion paraît due, comme celles qu'on a déjà signalées, à la décomposition par la chaleur de matières grasses qui ont pénétré par capillarité dans la cavité des pistons. On recommande donc de déboucher et de nettoyer ces cavités avant de procéder au chauffage des pistons.

3me Livraison de 1886.

Observations sur **le régime des voies ferrées en Autriche-Hongrie,** extrait du rapport de mission de MM. BRAME, inspecteur général et WEISS, ingénieur des ponts et chaussées.

Cette note a déjà paru dans les *Annales des ponts et chaussées*, numéro de décembre 1885.

Des signaux de chemins de fer en Autriche-Hongrie, extrait du rapport de mission de MM. Brame et Weiss.

Cette note a déjà paru dans les *Annales des ponts et chaussées*, numéro de décembre 1885.

Note sur la **Carte géologique détaillée de la France**, par M. E. Jacquot, inspecteur général des mines.

Sur les 268 feuilles que comporte la carte au 1/80,000 du dépôt de la guerre, le service géologique en a mis jusqu'ici 195 à l'étude. Sur ce nombre il y en a 84 de publiées, 28 sur lesquelles les explorations sont terminées et 33 à l'étude.

On sait que l'exécution par l'État de la carte géologique détaillée de la France a été prescrite par décret du 1er octobre 1868 à la suite de l'Exposition de 1867 qui avait mis en évidence les résultats acquis en Angleterre, en Autriche et dans divers autres pays.

Rapports de la **Commission prussienne du grisou**, analysés par M. Pellé ingénieur des mines.

Il s'agit de l'analyse des troisième et quatrième fascicules, des pièces-annexes au rapport général de la commission prussienne du grisou.

Ces fascicules contiennent quatre rapports sur les questions suivantes :

1° Expériences sur les explosions de poussières de houille et de grisou;

2° Influence des variations de la pression atmosphérique sur le dégagement du grisou;

3° Etude des variations de la quantité de grisou dégagée par un quartier d'exploitation ;

4° Etude des lampes de sûreté.

Sur les **travaux de la commission prussienne du grisou**. par MM. Mallard et Le Chatelier, ingénieurs des mines.

Cette note est relative à quelques divergences entre des appréciations contenues dans les rapports de la commission prussienne du grisou et les conclusions formulées par les auteurs dans divers travaux publiés dans les *Annales des Mines*, notamment en ce qui concerne l'action des poussières de houille et les lampes de sûreté.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

DISTRICT DE BOURGOGNE

Séance du 10 octobre 1886 à Monceau-les-Mines.

Communication de M. LE PRÉSIDENT sur la **mort de M. Blanchet.**

On sait que M. Blanchet, directeur des mines d'Épinac, a consacré une partie de sa carrière d'ingénieur à faire triompher l'emploi de moyens mécaniques pour remplacer les câbles d'extraction et qu'il a réussi à appliquer l'air comprimé pour soulever des pistons portant les cages dans un tube métallique régnant sur toute la hauteur de 600 mètres du puits.

Note de M. SUISSE sur la **traction mécanique par chaîne flottante et l'installation des recettes d'accrochage au puits Jules Chagot.**

La traction par chaîne flottante a été installée aux mines de Blanzy sur 661 mètres pour le roulage des chariots provenant du puits Jules Chagot dont la production est de 1,300 chariots.

Les deux extrémités du traînage se terminent par des galeries courbes où on a établi des voies avec pente automotrice; de plus, la voie présente encore deux courbes que les chariots franchissent également par voie automotrice.

Pour la facilité du service, on a divisé le traînage en deux parties, de sorte qu'il y a en réalité deux chaînes qui sont mises en mouvement par une machine à air comprimé actionnant des noix qui commandent les chaînes.

La vitesse de celles-ci est de $0^{m},60$ par seconde, les chariots sont à 15 mètres de distance sur une partie et à 30 mètres sur l'autre.

La machine produit 11 chevaux dont 5 1/2 sont absorbés par la mise en mouvement de la chaîne seule.

La cage du puits J. Chagot étant à deux étages contenant chacun deux chariots bout à bout, on a pour la rapidité des manœuvres installé un encagement double à deux étages permettant d'encager simultanément les quatre chariots pleins d'un côté pendant qu'on retire de l'autre les chariots vides.

L'éclairage de la chambre d'encagement se fait par des lampes Edison dont la dynamo est au jour et dont les fils conducteurs descendent le long des parois du puits.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 6 novembre 1886.

Note de M. Brustlein sur les **cuirasses de navires.**

C'est une note traduite du journal *Engineering* du 22 octobre 1886 et relative à la fabrication des plaques de blindage en France et en Angleterre.

Cette note s'appuie en partie sur les publications du lieutenant Jacques de la marine américaine, publications dont nous avons donné un résumé dans les chroniques de mai, juin et juillet 1886.

Communication de M. Buisson sur les **modérateurs de vitesse pour machines d'extraction. — Changement de marche et arrêt automatique. — Appareil Villiers.**

M. Villiers, directeur des Houillères de Saint-Étienne, a fait installer à la machine d'extraction du puits Jabin divers appareils ayant pour objet de prévenir les accidents dits de *mise aux poulies*. Ce but est atteint par les moyens suivants :

1° Ramener progressivement, d'une façon automatique et indépendante du mécanicien, dans les derniers mètres du parcours, la vitesse en deçà de limites déterminées ;

2° Arrêter complètement la machine avant l'arrivée des cages à la recette extérieure, par le renversement automatique de la distribution et le serrage du frein, dans le cas où le ralentissement indiqué plus haut n'aurait pas attiré l'attention du mécanicien;

3° Dans le cas où celui-ci continuerait, même volontairement, à monter la cage vers les molettes, produire l'arrêt complet et presque immédiat de la machine.

Le mouvement des divers appareils automatiques est pris sur une vis analogue aux vis de sonnerie et que met en mouvement l'arbre de la machine. Quant aux appareils eux-mêmes, il ne saurait en être donné une idée sans le secours des figures qui accompagnent la description.

De nombreux essais ont été faits sur ces appareils qui ont toujours bien fonctionné.

Note de M. Desbief sur la **répartition de l'azote de la houille pendant la distillation,** par M. W. Forster. *(Extrait du journal of the Chemical Society.)*

Communication de M. Chansselle sur le **crochet de sûreté King et Humble.**

C'est un crochet pour la suspension des cages d'extraction à l'extrémité du câble et ayant pour objet de prévenir les mises aux poulies. Ce crochet s'ouvre si la cage approche des molettes et la cage se trouve retenue sur une pièce convenablement placée dans la charpente du chevalement.

Plus de 3,500 crochets de ce système sont actuellement en service et ont sauvé déjà de nombreux ouvriers.

Note de M. CHANSSELLE sur les **appareils Koerting.**

Les appareils Kœrting pour la ventilation des mines sont employés en Belgique depuis 1871. Un travail de M. Harzé, ingénieur en chef des mines en Belgique, intitulé : *Des mesures à prendre en vue des dégagements instantanés de grisou*, donne des renseignements très complets sur l'emploi de ces appareils soit à vapeur, soit à air comprimé. On y trouve le compte rendu de diverses expériences faites pour apprécier le rendement : les résultats de ces expériences présentent d'ailleurs des anomalies assez considérables.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 55. — *30 Octobre 1886.*

Question à l'ordre du jour de l'Association. — Enquête sur la législation des patentes d'invention. — Surveillance des chaudières. — Protection des marques de fabrique.

Distribution d'eau de la ville d'Essen.

Fabrication des briques à sec, par Otto Bock.

Groupe du Palatinat-Saarbruck. — Chauffage et ventilation de la nouvelle salle de concerts, à Amsterdam.

Groupe de la Prusse orientale. — Accidents de chaudières. — Avaries aux boîtes à feu de locomotives. — Emploi de la tôle ondulée pour la pose des voies de chemins de fer.

Groupe de Saxe-Anhalt.— Fabrique de poudre de Kramer et Buckholz, à Rübeland.

Patentes.

Bibliographie. — Détermination des recettes et dépenses probables d'un chemin de fer projeté, de J. Vandrunen.

Correspondance. — La première machine à vapeur marine à triple expansion.

Variétés. — Le canal de Panama.

N° 45. — *6 Novembre 1886.*

Des manivelles, treuils, tambours et autres appareils de la même famille, ainsi que de quelques autres importants organes mécaniques qui s'y rattachent, par O. Hoppe.

Distribution d'eau de la ville d'Essen *(fin)*.

Le Rhin moyen et sa partie volcanique.

Groupe de Mannheim. — Moteur à colonne d'eau, patente Helfenberger.

Groupe de la Ruhr. — Alimentation d'eau des villes. — Abattoirs et étables à Essen. — Brasserie par actions à Essen.

Patentes.

Correspondance. — Appareils de sûreté pour chaudières.

Variétés. — Lignes allemandes de navigation subventionnées par l'Empire.

N° 46. — *13 Novembre 1886.*

Des manivelles, treuils, tambours, etc., et autres appareils de la même famille ainsi que de quelques autres importants organes mécaniques qui s'y rattachent, par O. Hoppe *(fin)*.

Nouveaux appareils de dragage et d'excavation, par B. Salomon.

Pont de Warnow, près Rostock.

Calcul des cônes de transmission, par Moritz Kohn *(fin)*.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Disposition et construction des machines à vapeur à grande vitesse.

Groupe de Wurtemberg. — Accidents de fabrique et inspection pour les prévenir. — Établissements de désinfection dans les villes.

Fabrique de bijouterie et d'argenterie de Gmünd.

Patentes.

Correspondance. — Appareils de sûreté pour chaudières.

Variétés. — Réunion des maîtres de forges et propriétaires de mines de la Haute-Silésie.

N° 47. — *20 Novembre 1886.*

Nouveaux appareils de dragage et d'excavation, par B. Salomon *(suite).*

Fabrication des moufles pour l'extraction du zinc, par C. Sachs.

Électro-technique. — Pile à chlore de Upward.

Groupe du Rhin inférieur. — Accroissement de la consommation du fer et de l'acier. — Régulateur de température de Walz.

Patentes.

Correspondance. — Appareils de levage. — Appareils de sûreté pour chaudières. — Distribution d'eau de la ville d'Essen.

Variétés. — Dates d'établissement du premier chemin de fer dans les divers pays.

N° 48. — *27 Novembre 1886.*

Circulaire du ministère prussien du commerce et de l'industrie relativement aux petites chaudières et aux appareils à cuire à la vapeur.

Expériences sur le fonctionnement des clapets automatiques des pompes, par C. Bach *(fin).*

Nouveaux appareils de dragage et d'excavation, par B. Salomon *(suite).*

La première machine à vapeur construite en Allemagne et le monument commémoratif de Hettstedter.

Groupe de Bavière. — Locomotives compound. — Calorimètre. — Distribution Joy.

Association des chemins de fer. — Éclairage électrique des trains. — Casiers pour billets et machines à timbrer.

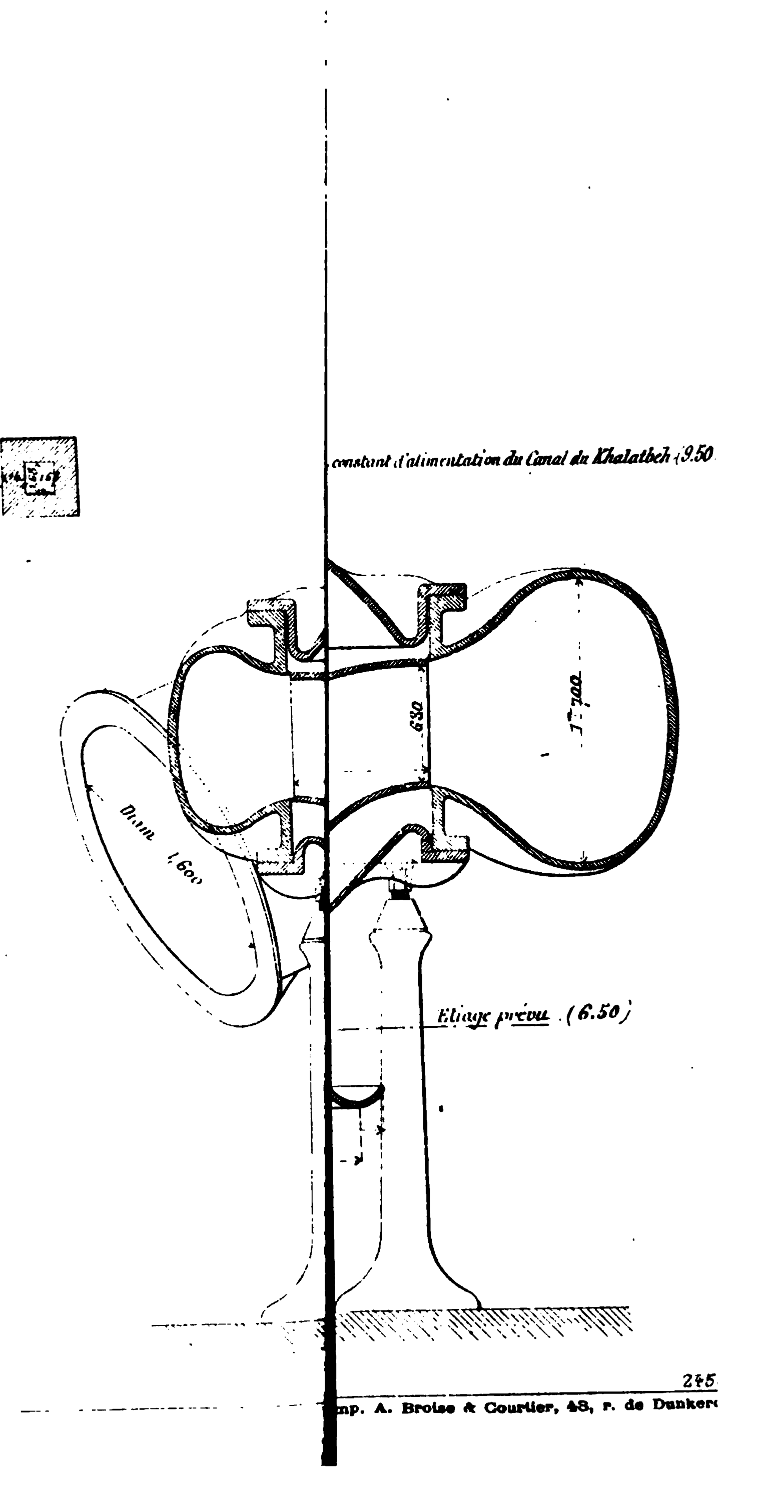
Patentes.

Variétés. — Lancements et essais de navires. — Statistique des patentes d'invention.

Le Rédacteur de la Chronique.

A. Mallet.

IMPRIMERIE CENTRALE DES CHEMINS DE FER. — IMP. CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 27122-6

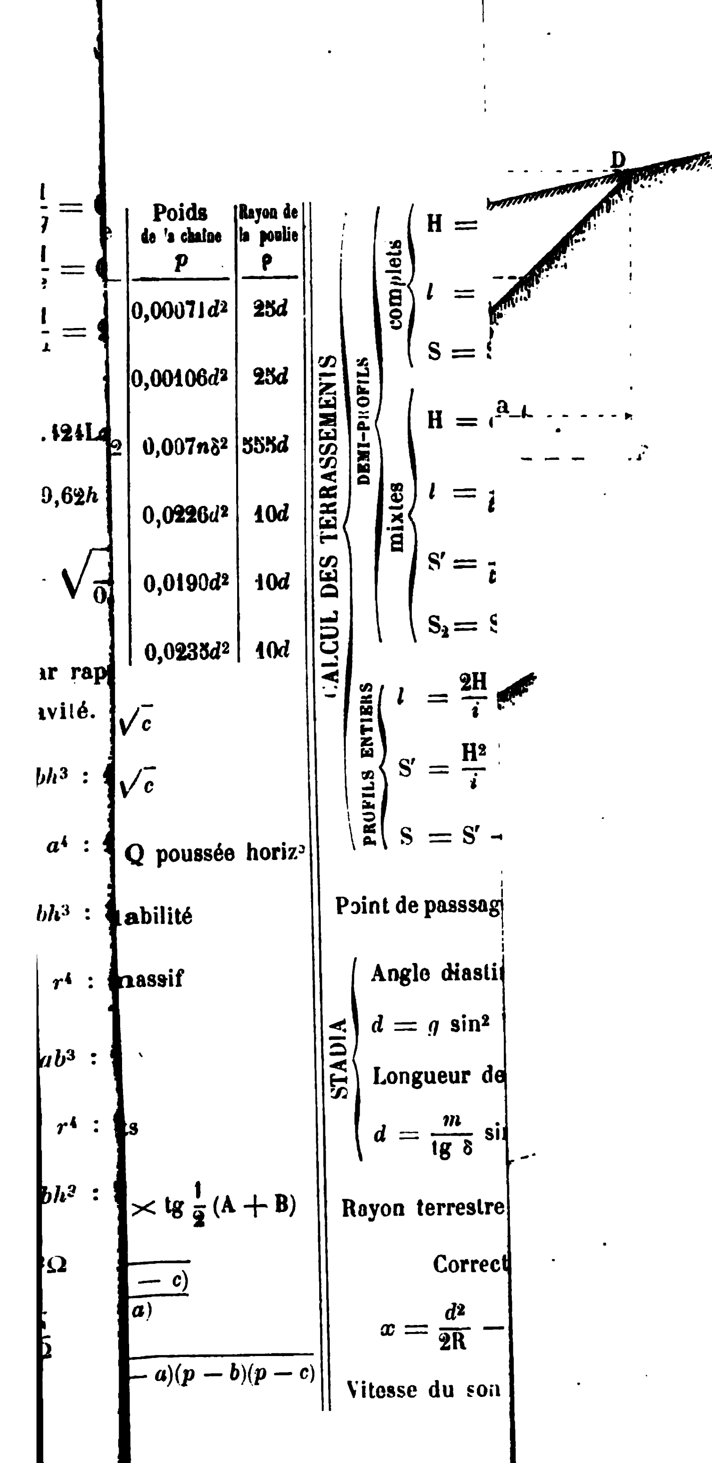


Imp. A. Broise & Courtier, 48, r. de Dunkerque

Recto

Pr. mix. $H = at - h$ / IND / $(S' + S_1 - s$	SURFACES DE TALUS — PAR SÉRIES DE PROFILS (24)	AUXILIAIRES (25)	PAR SÉRIES DE PROFILS (26)
TRANCH	56.273	....	39.261
$a = 2{,}80$	....	....	....
$at = 5{,}60$	....	....	....
	....	....	....
Plate-forme 2	....	....	....
351	....	850,60	....
	....	— 499 »	....
RE	1.207^{m2}	351,60	785^{m2}
$a = 3{,}00$ t			
$at = 2{,}00$ s'	....	....	....
	....	....	....
H | (S' +	....	....	....
5,17 | (9,47 +	....	....	....
4,89 | (7,90 +	....	....	....
$(S_1 + s'')\ d =$	....	....	....
	....	....	....
4,30 (6,18 +	....	....	....
(3 +	....	....	....
	....	2678,90	....
Surface plate-f		— 849 »	
182	3.239	1829,90	2.362
	60.749	....	42.408

DÉBLAIS — A porter en remblai (11)	ORTS — REAU — Produit des cubes par les distances (19)	AU WAGON — Cubes (20)	Produit des cubes par les distances (21)



Poids de la chaîne p	Rayon de la poulie ρ
$0,00071 d^2$	$25d$
$0,00106 d^2$	$25d$
$0,007 n\delta^2$	$355d$
$0,0226 d^2$	$10d$
$0,0190 d^2$	$10d$
$0,0235 d^2$	$10d$

.424La

9,62h

ar rap

avité. $\sqrt{c}$

bh^3 : $\sqrt{c}$

a^4 : Q poussée horiz

bh^3 : abilité

r^4 : massif

ab^3 :

r^4 : s

bh^2 : $\times \operatorname{tg} \frac{1}{2}(A + B)$

Ω

$- c)$

$a)$

$-a)(p-b)(p-c)$

CALCUL DES TERRASSEMENTS

DEMI-PROFILS

complets

H =

l =

S =

mixtes

H =

l =

S′ =

S_2 =

PROFILS ENTIERS

$l = \frac{2H}{i}$

$S' = \frac{H^2}{i}$

S = S′ −

Point de passag

STADIA

Angle diasti

$d = g \sin^2$

Longueur de

$d = \frac{m}{\operatorname{tg} \delta}$ si

Rayon terrestre

Correct

$x = \frac{d^2}{2R} -$

Vitesse du son

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

DÉCEMBRE 1886

N° 12

Sommaire des séances du mois de décembre 1886:

Pendant le mois de décembre la Société a reçu :

De M. Raoul Jagnaux, membre de la Société, un exemplaire de son *Traité de chimie générale analytique et appliquée*, 4 volumes;

De M. Leygue, membre de la Société, un exemplaire de ses *Tables*

pes moments d'inertie et des moments de résistance des poutrelles laminées fers plats, cornières et poutres composées ;

De M. Hardon, membre de la Société, des exemplaires de son *étude sur la culture des blés ;*

De M. Coblyn, un exemplaire d'une notice sur l'*Appareil d'attache du rail Vignole sur les traverses métalliques* de son système ;

De M. Walrand, membre de la Société, un exemplaire de sa notice sur la *déphosphoration sur sole Magnésienne ;*

De M. Olivier Arsène, membre de la Société, deux exemplaires de sa notice sur les *grands travaux de la Paix (Paris-Nouveau) ;*

De M. Nordling, membre de la Société, un mémoire sur *le prix de revient des transports par chemin de fer et la question des voies navigables en France, en Prusse et en Autriche ;*

De M. Ferdinand Gautier, membre de la Société, un mémoire sur l'*Action du silicium dans la fonte de moulage ;*

De M. Henry Mathieu, membre de la Société, sa brochure intitulée *le Mildew ;*

De M. Brixhe-Steinbach, une notice sur les *Dangers que présentent les nouveaux appareils de minoterie au point de vue de l'incendie ;*

De M. Émile Picard, ingénieur, deux exemplaires de sa brochure intitulée : *Priorité des lampes à incandescence ;*

De M. Martinez, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Un trou à la terre (puits d'observation) ;*

De M. Charles Mourlon, un exemplaire de sa brochure intitulée : *la Téléphonie privée en Belgique ;*

De MM. L.-L. Vauthier et E. Deligny, trois exemplaires d'une lettre adressée à M. le Président de la commission des Chemins de fer ;

De la Société des anciens Élèves des écoles nationales d'Arts et Métiers, une brochure intitulée : *Rapport sur l'enseignement technique et professionnel ;*

De la Chambre de commerce de Nancy, un exemplaire du rapport de M. Rogé sur la *Dénonciation du traité de commerce entre la France et l'Italie ;*

De M. A. Bert, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Inconvénients du projet de la Commission technique ;*

De M. Sartor, deux exemplaires de sa brochure intitulée : *Rapport sur le Chemin de fer à crémaillère d'Oran-Marine à Saint-André de Mers-el-Kébir, avec raccordement d'Oran-Marine à la place de la République par un chemin de fer funiculaire (système Riggenbach) ;*

De M. Frédéric Weil, membre de la Société, un exemplaire de sa

note intitulée : *Nouveau procédé de dosage volumétrique du zinc en poudre (gris d'ardoise de la Vieille-Montagne)* ;

De M. H. Bunel, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Établissements insalubres, incommodes et dangereux;*

De M. le colonel Séber, un exemplaire de sa *Notice sur les instruments enregistreurs;*

Un exemplaire du Rapport des Experts sur le percement du Simplon;

De M. Alessandro Bajo, ingénieur, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Spinte orizzontali, équilibrio e calo delle vôlte.*

Les membres nouvellement admis sont :

Comme membres honoraires :

M. Berthelot, présenté par MM. Brüll, Hersent et Périssé.
M. Peligot, — MM. Contamin, Eiffel, Loustau et Mallet.

Comme membre Sociétaire :

M. Morel, présenté par MM. Bodin, de Comberousse et Contamin.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE DÉCEMBRE 1886

Séance du 3 Décembre 1886

Présidence de M. Hersent.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès verbal de la séance du 19 novembre est adopté.

M. le Président a la satisfaction d'annoncer que M. Demanest vient d'être nommé commandeur de l'ordre de Charles III d'Espagne.

M. Adolphe Violet a eté nommé officier de l'ordre de Léopold de Belgique.

M. Arthur Maury a été nommé commandeur de l'ordre du Christ du Portugal.

M. Maury a collaboré à la construction du dernier pont fait sur le Douro. C'est un travail extrêmement remarquable, dont vous aurez sans doute la communication l'année prochaine.

M. le Président fait part du décès de MM. Morel Marie-Théodore, et Stevenson David.

M. le Président annonce qu'il va être donné lecture par M. le secrétaire, d'un projet de règlement élaboré par une commission du bureau et approuvé par le Comité, sur l'utilisation du legs Giffard, afin que la Société puisse émettre un vote sur l'adoption de ce règlement.

RÈGLEMENT

RELATIF A L'EMPLOI DES INTÉRÊTS DU LEGS GIFFARD

Extrait du Testament :

« Je lègue à chacune des quatre institutions suivan-
» tes : l'Académie des Sciences, la Société d'encoura-
» gement, la Société des Ingénieurs civils, et la Société
» des amis des sciences, une somme de cinquante mille
» francs pour être employée à fonder des prix et à dis-
» tribuer des secours. »

CHAPITRE PREMIER. — *Dispositions générales.*

Art. 1er. — Les intérêts produits, à compter du 1er janvier 1887, par les valeurs acquises en représentation du legs Giffard seront partagés dans la proportion de : un tiers attribué à un fonds de secours sous forme de prêts ou de dons, et deux tiers affectés à la fondation de prix portant le nom de Prix Giffard. Chaque part fera l'objet d'un compte spécial.

Art. 2. — Lors du remboursement d'une ou plusieurs desdites valeurs, les capitaux perçus, primes comprises, seront placés à nouveau, et les intérêts conserveront la double affectation qui vient d'être indiquée.

CHAPITRE II. — *Secours.*

Art. 3. — La gestion du fonds de secours est confiée aux soins du Bureau en fonctions, qui examine les demandes adressées par les membres de la Société ou leurs ayants droit, et y donne satisfaction, s'il y a lieu, mais seulement jusqu'à concurrence de la somme disponible, et à charge par lui de rendre compte de ses actes au Comité, à la fin de chaque trimestre, sans cependant faire connaître les noms des personnes secourues.

Art. 4. — Les sommes dont il n'aura pas été fait emploi dans le courant d'un exercice ou qui seront rentrées par suite de remboursement des prêts, seront reportées à l'exercice suivant et au même compte.

Chapitre III. — *Prix.*

Art. 5. — Le Prix Giffard est décerné tous les trois ans au mois de juin, à la suite d'un concours entre les membres de la Société, à l'exclusion des membres de la Commission et du Jury institués sous les articles 7 et 11.

La proclamation en sera faite pour la première fois en 1890.

Art. 6. — Ce prix consiste en une médaille d'or de la valeur de trois cents francs et en une somme d'argent, représentant ensemble la portion de revenu affectée à cet emploi par l'article 1er.

Art. 7. — Le sujet du concours est déterminé par une Commission composée du Président et des quatre Vice-Présidents en fonctions, auxquels sont adjoints deux des anciens Présidents choisis par le Comité dans sa séance du mois de mai précédant l'ouverture de chaque période triennale, et dont les noms sont portés à la connaissance de la Société dans l'Assemblée générale de juin qui marque le point de départ de ladite période; la présidence appartient au Président en exercice.

Art. 8. — La publication du sujet du concours a lieu dans le courant du mois de décembre de la même année.

Art. 9. — Le concours est clos deux ans plus tard, le 31 décembre. En conséquence, chacun des concurrents devra déposer avant cette date, au Secrétariat de la Société, son mémoire manuscrit, revêtu de sa signature et enfermé sous pli cacheté.

Art. 10. — Les mémoires originaux et inédits sont seuls admis à concourir. Ils ne pourront être publiés avant la décision du Jury, sous peine d'exclusion du concours.

Art. 11. — Le Jury chargé de juger les mémoires est constitué dès le mois de janvier qui suit la clôture du concours. Il se compose du Président et des quatre Vice-Présidents en exercice, auxquels sont adjoints trois membres désignés par le Comité et trois membres nommés par la Société dans ce même mois.

Art. 12. — Le Jury se réunit, dès sa formation, à l'effet de procéder à l'ouverture et à l'enregistrement des mémoires.

Art. 13. — Le jugement devra précéder l'Assemblée générale du mois de juin suivant, et le prix être proclamé dans ladite Assemblée.

Art. 14. — Les décisions du Jury ne sont valables qu'autant que six des membres qui le composent ont assisté à la dernière délibération et en ont signé le procès-verbal. En cas de partage des voix, celle du Président est prépondérante.

Art. 15. — Le Jury a la faculté de décerner soit un prix unique, soit deux prix. Toute latitude lui est laissée à cet égard.

Art. 16. — Si les mémoires présentés sont jugés insuffisants par le Jury, le délai du concours sera prorogé d'une nouvelle période de trois ans : un nouveau sujet pourra être proposé, sans préjudice, en tout cas, du concours afférent à ladite période, lequel sera ouvert parallèlement. La Commission et le Jury appelés, conformément aux articles 7 et 11, à choisir le sujet de ce dernier concours et à classer les mémoires y relatifs, étendront leurs délibérations et leurs décisions au concours prorogé.

Proposition relative à l'emploi des intérêts du legs Giffard, disponibles à la date du 31 décembre 1886.

Pour reconnaître dignement la générosité du donateur, les intérêts du legs disponibles à la date du 31 décembre 1886, s'élevant à la somme de 3,315 fr. 80 c., sont affectés à la création d'une première récompense à décerner à la suite d'un concours ayant pour objet *l'analyse de l'œuvre d'Henri Giffard.*

Les auteurs auront toute latitude pour traiter le sujet. Toutefois, le Comité croit utile de faire remarquer que les mémoires présentés au concours devront être plus que des éloges posthumes, que des témoignages de gratitude envers l'un des bienfaiteurs de la Société.

La question semble comporter quatre grandes divisions :

1° Un *historique* de l'œuvre, appuyé sur des documents officiels (brevets, etc.), de manière à éviter, dans l'avenir, des revendications mal fondées;

2° La *théorie* de l'injecteur avec tous les développements que comporte le sujet;

3° Les *applications* multiples de cet appareil aux diverses industries mécaniques et chimiques, en France et à l'Étranger;

4° La *recherche* de la participation d'Henri Giffard au progrès de l'aérostation, et la détermination des divers titres de l'ingénieur-inventeur à la reconnaissance de tous (*).

Les mémoires manuscrits et revêtus de la signature des auteurs, devront être remis sous pli cacheté, au secrétariat de la Société, au plus tard le 31 décembre 1887.

Le Jury chargé de classer les mémoires sera constitué et procédera conformément aux dispositions des articles 11, 12, 13, 14 et 15 du règlement relatif à l'emploi des intérêts du legs Giffard.

Le Prix sera décerné dans l'Assemblée générale du mois de juin 1888.

M. le Président demande à la Société de vouloir bien approuver les termes, afin qu'il puisse être publié dans le Bulletin de cette séance, et servir de base au prochain concours.

M. le Président met aux voix l'approbation de ce règlement qui est adopté à l'unanimité.

Le concours pour le legs Giffard est, dès à présent, ouvert pour la première période ; pour la seconde période, il s'ouvrira ultérieurement. Les prix se distribueront de trois ans en trois ans.

On ne doit pas laisser passer les circonstances dans lesquelles on règle l'emploi d'un legs fait par un généreux donateur sans le remercier et sans rendre hommage à sa mémoire, en reconnaissance de sa généreuse donation.

M. Nordling a la parole pour sa communication sur le prix de revient des transports par chemin de fer et sur les voies navigables de la France, de la Prusse et de l'Autriche (1).

M. Cotard. — Monsieur le Président, je voudrais dire deux mots seulement. La séance est trop avancée ce soir pour commencer la discus-

(*) Le Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, les Rapports des Jurys internationaux des Expositions universelles de 1862, 1867, 1878, etc., fourniront à cet égard des indications utiles.

(1) La communication de M. Nordling sera insérée, *in extenso* dans le Bulletin du mois de décembre.

sion ; il serait peut-être intéressant de laisser place aux observations auxquelles ne peut manquer de donner lieu ce travail remarquable.

M. Fleury. — Après l'impression du Mémoire.

M. Nordling. — C'est ce que j'allais dire. Il y a tant de chiffres qu'il serait difficile d'engager une discussion sans les avoir sous les yeux.

M. Roy. — Je me joins à M. Cotard pour demander que, après l'impression de ce travail, il y ait une discussion.

M. le Président. — Je demanderai à M. Nordling de laisser imprimer le Mémoire, et l'on ouvrira ensuite la discussion.

M. le Président. — Je m'associe aux applaudissements de la Société, en remerciant M. Nordling de sa très intéressante communication.

Je demanderai à la Société, malgré l'heure avancée, d'écouter M. Gautier, qui veut bien nous faire une communication sur l'action du silicium dans la fonte de moulage.

M. Ferdinand Gautier expose que, dans la série continue des composés carburés du fer, la fusibilité croît avec la teneur en carbone; elle est maximum dans la *fonte*, c'est-à-dire dans le métal qui a au moins 2 0/0 de carbone et dont tout le monde connaît les nombreux emplois.

On distingue les *fontes* en plusieurs sortes, d'après leur cassure.

Les fontes *blanches*, à structure plus ou moins lamelleuse, quelquefois d'un aspect grenu ou même caverneux, renferment tout leur carbone à l'état de *dissolution* ou de *combinaison*, point sur lequel les chimistes ne sont pas d'accord. La fonte blanche est *peu fluide* en général, *dure*, au point de ne pouvoir souvent être entamée par l'acier le mieux trempé, *fragile*, etc. Si on ajoute qu'elle prend mal les empreintes, on comprendra qu'elle soit peu employée en fonderie.

Les *fontes grises* renferment du carbone à deux états : une partie est combinée, comme dans la fonte blanche ; une autre partie s'est déposée, au moment du refroidissement, sous forme de particules de *graphite*, plus ou moins irrégulièrement disséminées dans la masse et qui lui donnent sa couleur caractéristique, variant du noir foncé au gris clair. La fonte grise est très fluide ; elle prend bien la forme du moule, se travaille à l'outil, et présente, à l'écrasement, une assez grande résistance; cet ensemble de propriétés la rend très propre au moulage.

Par la *trempe*, c'est-à-dire par le refroidissement brusque dans un moule métallique, certaines qualités de fontes grises peuvent se transformer partiellement ou totalement en fonte blanche. On obtient alors des fontes *dures* ou *trempées*, dont M. Gruson, de Buckau-Magdebourg,

a cherché, depuis une vingtaine d'années, à développer les applications, mais qui étaient anciennement connues.

Les cuirassements fixes, les projectiles Palliser, les roues américaines en fonte, les laminoirs à tôles minces, les cylindres cannelés de Ganz pour la nouvelle mouture du blé, etc., utilisent cette propriété remarquable de certaines fontes de blanchir à la surface et d'acquérir une grande dureté, tout en conservant une certaine résistance aux chocs.

En dehors de ces applications spéciales, les fondeurs ne recherchent que les fontes grises, et *tout ce qui ressemble à de la fonte blanche est généralement proscrit de la fonderie.*

En effet, si nous considérons le cours des vieilles fontes, nous voyons que, comparativement aux fontes neuves de la qualité la plus ordinaire, elles supportent une dépréciation de 40 à 50 pour cent, qui tient à la difficulté de leur remploi.

Il est connu de tout le monde que, par les fusions successives, une même fonte finit par devenir blanche et, par conséquent, impropre au moulage.

M. Gautier montre au tableau, comment, dans les essais de fusion répétées, faits par Fairbairn en 1853 et dont les résultats chimiques ont été seulement donnés en 1886 par M. Turner, professeur de chimie à Birmingham, ainsi que dans les essais du même genre faits récemment à Gleiwitz (Silesie), la teneur en silicium va toujours en décroissant, tandis que celle en carbone combiné ou dissous augmente au point de faire disparaître totalement le graphite.

Contrairement à ce que croyaient et croient encore beaucoup de fondeurs, les fontes tendent à blanchir par des fusions répétées, non pas parce que le carbone se brûle dans ces opérations, mais parce que le silicium s'élimine. Le carbone total reste le même, mais le graphite passe peu à peu et progressivement à l'état de dissolution ou de combinaison qui caractérise la fonte blanche. On voit donc poindre déjà la relation qui peut exister entre la quantité de silicium que renferme une fonte et sa proportion de carbone combiné.

Les fontes *chauffées* d'une manière prolongée, se couvrent d'une couche d'oxyde de fer ou de *rouille sèche* qui, par la refonte, est un réservoir d'oxygène pour éliminer le silicium. Quand cette oxydation est profonde, comme dans les barreaux de grille, on dit que la fonte est *brûlée*. C'est à tort que l'on attribuait la mauvaise qualité des fontes brûlées à une absorption du soufre des combustibles; il est difficile d'admettre l'existence simultanée de l'oxyde et du sulfure de fer, à moins que la température ne s'élève pas assez pour permettre la réaction de ces deux corps avec dégagement d'acide sulfureux. L'oxyde de fer produit suffit pour expliquer la dépréciation de ces vieilles matières, tout comme s'il s'agissait de fontes rouillées par l'air humide.

Si on consulte les quelques ouvrages qui ont traité de la fonderie, on les trouve muets sur cette question si importante du remploi des vieilles fontes, et en réalité, la plupart des fondeurs faisaient dans leurs lots de bocages l'élimination de tout ce qui était blanc ou brûlé, pour l'enterrer ou le jeter aux déblais.

Sans parler de la *trempe* qui fait passer partiellement, au moins, la fonte grise à l'état de fonte blanche, on voit que, dans la pratique, de nombreuses circonstances concourent à opérer le *blanchiment* de la fonte. Le problème inverse, c'est-à-dire *la transformation de la fonte blanche en fonte grise*, restait encore à trouver.

En 1885, M. Turner, dont nous avons parlé plus haut, publia dans le *Journal of Chemical Society* une série de trois articles sur l'*influence du silicium dans la fonte de moulage*; il montrait par de nombreuses et intéressantes expériences, qu'en faisant varier la teneur en silicium d'une fonte artificielle obtenue par la fusion au creuset d'un mélange de fer et de carbone, le silicium communiquait aux produits une grande douceur. Le maximum de résistance à la traction correspondait à une teneur en silicium de *2 0/0*, avec le maximum de douceur.

M. Stead (chimiste de Middlesbrough) et M. Ch. Wood (de Tees Ironworks) essayèrent, dans le courant de la même année, cette *influence adoucissante du silicium* signalée par M. Turner.

En mélangeant parties égales de *fonte blanche* du Cleveland et d'une fonte à 4, 5 0/0 de silicium, ils obtinrent une *fonte grise très convenable au moulage*. Ils essayèrent également, pendant une marche de plusieurs mois, au cubilot et à raison de 60 à 70 tonnes par jour, un mélange de fonte grise du Cleveland avec de la fonte à haute teneur en silicium et réalisèrent d'excellents moulages. Il semble, tout en reconnaissant le mérite de ces deux inventeurs, que cette transformation si nette de la fonte blanche en fonte grise, en *élevant la teneur en silicium au-dessus de 2 0/0*, ait conservé pour eux le caractère d'une sorte d'alliage nouveau, possédant d'heureuses propriétés pour la fonderie, plutôt que celui d'une *solution générale de cette transmutation*. En tout cas, dans la communication qu'en septembre 1885, M. Ch. Wood fit à l'*Iron and Steel Institute* à la réunion de Glasgow, sa collaboration avec M. Stead pour *l'adoucissement de la fonte blanche* ne jouait qu'un rôle secondaire dans l'ensemble de ses expériences personnelles, qui visaient plus particulièrement l'amélioration des fontes grises phosphoreuses par addition de silicium. Son titre était *l'utilité des fontes siliceuses dans la fonderie*, et d'ailleurs, il ne donna aucune explication des faits. Le croirait-on? L'accueil le plus froid fut fait à cette communication de premier ordre, et M. Gjers, bien connu des métallurgistes par l'invention des puits de réchauffage qui permettent le laminage direct des lingots, ne craignit pas d'attaquer les résultats deM. Wood en affirmant que la fonte à haute dose de

silicium n'avait jamais été bonne à rien et qu'elle continuerait à ne pas rendre plus de services.

M. F. Gautier explique comment, dès qu'il reçut communication des résultats de M. Wood, son opinion fut différente et comment il résolut de vérifier en France cette transformation si désirable de la fonte blanche en fonte grise, en employant le *ferrosilicium* ou alliage à 10 0/0 de silicium.

Partant de ce fait, constaté aussi bien dans les essais de M. Turner que dans ceux de MM. Stead et Wood, qu'une teneur de *2 0/0 de silicium au moins* était désirable, il en fit la base de ses expériences. Des fontes qui, coulées en sable, donnaient des moulages franchement blancs, furent, au cubilot, additionnées de ferrosilicium à 10 0/0; et. avec une teneur en silicium de 2 0/0 dans le mélange, on obtint d'excellente fonte grise, très douce à l'outil et se coulant très bien, avec un grain serré et homogène. Rien à changer dans l'allure du cubilot, ni la pression du vent, ni la quantité de coke; aucune gêne pour le fondeur. Tandis que, de l'autre côté de la Manche, on en était encore à contester cette pratique et que l'inventeur lui-même, M. Wood, n'utilisait guère la fonte siliceuse qu'à l'amélioration des fontes grises phosphoreuses du Cleveland, les fondeurs français, guidés par un barème qui tenait compte de la teneur moyenne en silicium, que l'on pouvait rencontrer dans les différentes sortes de vieilles fontes, adoptaient hardiment le procédé nouveau qu'aucun brevet ne venait entraver.

Pour compléter, il convenait de donner l'explication des faits passés si rapidement dans la pratique : c'est ce que M. Gautier fit au mois d'octobre dernier à Londres, devant l'*Iron and steel Institute*, sous le titre *Silicon in Foundry Iron*. Dans sa récente communication à l'Académie des Sciences, M. F. Gautier donne la théorie suivante de la transformation de la fonte blanche en fonte grise, par une addition de silicium.

Dans la fonte blanche, tout le carbone est à l'état de dissolution ou de combinaison, et si cette fonte ne renferme pas une quantité notable de manganèse ou de chrome, la teneur en carbone ne dépasse pas 4 0/0. Cette quantité correspond, sensiblement, au carbure Fe^5C et peut être considérée comme la limite de la solubilité du carbone dans le fer.

Le silicium, au contraire, peut être allié au fer dans la proportion de 30 0/0 et plus; même en tenant compte de la différence de poids des équivalents du silicium et du carbone, on voit que le fer a plus d'affinité pour le silicium que pour le carbone. De plus, toute dissolution du silicium dans le fer est accompagnée d'un dégagement de chaleur, tandis que la dissolution du carbone absorbe de la chaleur; on prévoit donc ce qui va se passer, si on ajoute du silicium de fer

à du carbure de fer sous forme de *fonte blanche*. Le silicium se porte sur le fer et élimine le carbone de son état de combinaison plus ou moins définie, en le laissant à l'état de graphite ; la *fonte* devient *grise*.

Ces considérations théoriques sont corroborées par ce fait qu'inversement, si on soustrait du silicium à de la fonte grise, celle-ci peut blanchir, le carbone devenant libre de se dissoudre dans le fer. Nous en avons un exemple dans l'influence des fusions successives sur le blanchiment de la fonte, que nous avons relatée plus haut.

Au Bessemer acide, où l'on traite des fontes à 1,5 0/0 de silicium au moins, si on interrompt le vent, quand une partie notable de ce silicium est brûlée, sans que le carbone ait diminué, on obtient de la fonte blanche.

Le même fait se passait, autrefois, dans le mazéage des fontes grises siliceuses, où l'on éliminait la majeure partie du silicium, tout en conservant les neuf dixièmes du carbone. La fonte mazée était de la fonte blanche sans silicium, ce qui aurait dû conduire, inversement, à reconstituer de la fonte grise par la restitution de ce silicium; mais cette conséquence logique avait échappé aux métallurgistes qui, d'ailleurs, n'avaient pas à cette époque le *ferrosilicium* à leur disposition, pour effectuer cette *restitution*.

Au cours de ses expériences sur la transformation de la fonte blanche en fonte grise, M. F. Gautier a été conduit à formuler cette condition de succès: que *le manganèse devait être évité pour obtenir le plein effet du silicium*. Il y a été amené par l'étude des fontes d'Écosse, si appréciées dans la fonderie, quoiqu'elles ne communiquent aux mélanges dans lesquelles on les introduit, rien que de la fluidité, mais pas d'augmentation de résistance.

Les premières marques renferme ntprès de 2 0/0 de manganèse et 2,5 0/0 de silicium. Cette teneur en manganèse suffit pour expliquer que les fontes d'Ecosse soient impropres à *porter des bocages blancs*, c'est-à-dire à permettre de passer au cubilot des fontes blanches ou truitées. Ce fait, bien connu des fondeurs, n'avait pas encore été expliqué, et, maintenant que nous savons le rôle que joue le silicium sur le carbone combiné, il est facile de comprendre que tout corps tel que le manganèse, qui tend à rendre soluble le carbone dans le fer, est, par cela même, dans un état d'antagonisme avec le silicium dont l'effet est opposé,

En pratique, les fondeurs français abandonnent l'emploi des fontes d'Ecosse, car ils obtiennent avec le ferrosilicium autant de fluidité, et de plus *ils réalisent une plus grande résistance en incorporant des bocages blancs dans leurs mélanges*.

Ce résultat, qui paraît tout d'abord surprenant, s'explique facilement par la répartition homogène du carbone précipité à l'état de gra-

phite et il se manifeste proportionnellement à la fonte blanche ajoutée, pourvu que le silicium soit en quantité suffisante pour maintenir le carbone à l'état insoluble.

On en conclut également que le ferrosilicium le plus efficace sera celui qui renfermera le moins de manganèse.

M. F. Gautier termine sa communication en mettant sous les yeux des membres de la Société une collection d'échantillons préparés par les soins de M. H. Arpé, fondeur à Meaux, qui a été le premier à mettre en pratique courante l'emploi du *ferrosilicium* dans la fonderie.

Ces échantillons comprennent, entre autres, des mélanges de vieux barreaux de grilles avec du ferrosilicium. Les copeaux obtenus au tour sont comparables à ce que donne le fer, avec moins de ténacité cependant. Des bavures minces, détachées des pièces, restent grises dans toute leur étendue et montrent une douceur qui contraste avec l'aspect blanc et dur que présente un morceau obtenu avec les mêmes matières avant l'incorporation du silicium.

M. le Président remercie M. Gautier de son intéressante communication.

MM. Berthelot et Péligot ont été nommés membres honoraires. et M. Morel membre sociétaire.

La séance est levée à onze heures un quart.

Séance du 17 Décembre 1886

Présidence de M. Hersent

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. le Président donne la parole à M. Hallopeau.

Avant de donner l'exposé de la situation financière de la Société, M. le Trésorier annonce que le montant de la souscription ouverte au siège de la Société en faveur de *l'institut Pasteur* s'élève à la somme de 1 718 00

Cette somme a été versée comme suit :

1° le 15 mai 1886, il a été fait un premier versement de. 1 260 00

Les noms des souscripteurs compris dans la première liste ont été publiés dans le *Journal Officiel* du 12 juillet 1886.

2° Le 11 décembre 1886, il a été fait un second versement de 458 00

Les noms des souscripteurs de la seconde liste seront publiés prochainement.

M. le Trésorier ajoute qu'en présence des résultats obtenus, la Société ne peut que se féliciter d'avoir prêté son concours à la grande et belle œuvre poursuivie par *M. Pasteur et par le Comité de l'Institut.*

Situation financière au 17 décembre 1886.

Messieurs et chers Collègues,

J'ai l'honneur de vous faire connaître, conformément aux termes des statuts, art. 17, l'exposé de la situation financière de notre Société au 17 décembre 1886.

Le nombre des sociétaires était au 18 décembre 1885 de.	2081
Du 19 décembre 1885 au 3 décembre 1886, la Société a admis.	99
Total.	2180
A déduire, par suite de décès, démissions ou radiations pendant l'année 1886.	61
Le nombre total des sociétaires au 17 décembre 1886 reste ainsi de.	2119

Recettes.

Les recettes effectuées pendant l'exercice 1886 se sont élevées à :

1° Pour le fonds courant, c'est-à-dire provenant de :

Cotisations	56 376 »	77 982 25
Droits d'admission	2 225 »	
Intérêts d'obligations.	7 850 25	
Vente de Bulletins.	1 431 »	
Annonces	3 800 »	
Location de salles de séances.	6 300 »	

2° Pour le fonds inaliénable :

11 exonérations à 600 fr	6 600 »	59 687 50
Dons volontaires, savoir :		
De M. Boivin	1 500 »	
De M. Lebrun Raymond.	500 »	
Dons volontaires de divers	200 »	
Montant du legs Giffard	50 000 »	
Montant du legs Siéber.	887 50	

Les sommes reçues pendant l'exercice 1886 forment un total de 137 669 75

Report	137 669 75
A cette somme de 137,669 fr. 75, il y a lieu d'ajouter :	
1° Le solde en caisse au 19 décembre 1885. . . .	17 105 25
2° Par suite de la conversion en espèces de 53 obligations provenant du fonds courant, une somme de.	20 219 50
3° La valeur de 25 obligations du Midi, reportées par virement du fonds courant au fonds inaliénable. .	9 650 »
Le montant total des sommes disponibles au 17 décembre 1886 ressort ainsi à.	184 644 50

Dépenses.

Les sorties de caisse pendant l'exercice se sont élevées à :

1° Pour les dépenses courantes :

Impressions (dont 37,152 fr. 75 à MM. Capiomont et Renault pour 1884-85)		59 081 75	97 611 02
Appointements.		16 855 »	
Assurances.		143 25	
Contributions et droits de mainmorte		2 095 19	
Entretien de l'immeuble, eau, éclairage. . .		5 246 85	
Frais de bureau		1 091 03	
Frais exceptionnels: Frais d'actes.	523 40	5 547 25	
Voyage en Belgique . . .	2 999 60		
Papier pour le Bulletin. .	2 024 25		
Affranchissements et divers		7 550 70	
2° Achat de 131 obligations du Midi, nominatives, pour emploi du legs Giffard, ayant coûté.			50 372 05
3° Valeur de 25 obligations pour le fonds inaliénable, reportées du fonds courant par virement.			9 650 »
4° Amortissement de 14 obligations de la Société sur le fonds inaliénable.			7 000 »
Le montant total des sommes employées est de . . .			164 633 07
Il reste en caisse à ce jour, 17 décembre 1886, en espèces.			20 011 43

Le solde en espèces doit être réparti comme suit :

1° Pour le fonds courant . . . . . . Fr.	11.473 96	
2° Pour les intérêts du legs Giffard. . . .	3.315 80	
3° Pour le fonds social	5.221 67	
Total égal. . . . . Fr.		20.011 43

Le montant des intérêts du legs Giffard, soit une somme de 3,315 fr. 80 c., dont le payement sera exigible lors de la délivrance du prix, sera conservé en espèces.

Sur la somme de 5,221 fr. 67 c. appartenant au fonds inaliénable, il y a lieu de conserver également en espèces une somme de 2,000 fr. représentant la valeur de quatre obligations amorties de la Société, et dont le remboursement est exigible depuis le 31 décembre dernier.

Le complément de cette somme, soit 3,221 fr. 67 c., sera consolidé en un titre nominatif inaliénable

Avoir de la Société.

Il résulte de la situation établie à ce jour, que le fonds courant et le capital inaliénable sont constitués, à la date du 17 décembre 1886, de la manière suivante :

Fonds courant

L'avoir du fonds courant se compose :

1° De l'encaisse en espèces . . . . . . Fr.	11.473 96	
2° De l'encaisse formant le solde des intérêts du legs Giffard	3.315 80	
3° De 184 obligations du Midi ayant coûté	62.851 04	
Total		77.640 80

Fonds inaliénable

La Société possède en outre, comme fonds inaliénable :

1° En espèces . . . . Fr.	5.221 67	
2° 25 Obligations du Midi ayant coûté . .	9.650 »	
3° 19 Obligations du Midi provenant du legs Nozo	6.000 »	
4° 131 Obligations du Midi provenant du legs Giffard	50.372 05	
Total		71.243 72
5° L'Hôtel, dont le prix total ressort à Fr.	278.706 90	
sur lequel il reste à payer pour 4 obligations	2.000 »	
Total		276.706 90
Montant total de l'avoir de la Société, au 17 décembre 1886 . . . . Fr.		425.591 42

En ce qui concerne le legs de Mme Fusco-Geyler, les formalités légales relatives à la délivrance de ce legs ne sont pas terminées. Il n'est pas encore possible de prévoir à quelle époque notre Société pourra entrer en possession des sommes dont la sœur de notre regretté collègue Geyler a disposé en sa faveur.

En résumé, la situation financière de notre Société continue à être satisfaisante.

Il y a, il est vrai, cette année un excédent de dépenses sur les recettes, pour le fonds courant, mais cela est dû à une circonstance tout exceptionnelle, et qu'il convient de signaler, afin d'en donner l'explication.

Les dépenses courantes s'élèvent à la somme de. . Fr.	97.611 02
Tandis que, en ne tenant pas compte des recettes exceptionnelles pour exonération, legs et dons volontaires, qui appartiennent au fonds social, il n'a été reçu qu'une somme de	77.982 25
C'est-à-dire qu'il y a eu un excédent de dépenses sur les recettes, pour le fonds courant en 1886, de . . . Fr.	19.628 77

ce qui a réduit d'autant l'actif social, puisque cet excédent de dépenses a été couvert par la vente d'obligations prises sur le fonds courant.

L'excédent de dépenses provient de la liquidation du compte de nos anciens imprimeurs, MM. Capiomont et Renault; le règlement définitif des dernières factures qui auraient dû porter, pour une partie du moins, sur l'exercice 1885, et dont le montant s'élève à 39,177 francs, ayant été retardé pour la vérification, jusqu'en 1886. Ce compte de MM. Capiomont et Renault est complètement apuré. Etant certains qu'il ne se présentera plus aucuns frais exceptionnels aussi considérables, nous sommes bien fondés à affirmer que la situation financière ne laisse rien à désirer et présente toute garantie pour l'avenir de la Société.

M. LE PRÉSIDENT met aux voix l'approbation des comptes qui viennent d'être présentés.

Ces comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT se rend l'interprète des membres de la Société en adressant à M. Hallopeau ses plus vifs remerciements pour son dévouement aux intérêts de la Société.

ÉTAT COMPARATIF DES EXERCICES DE 1879 A 1886

INDICATIONS	19 DÉCEMBRE 1879	17 DÉCEMBRE 1880	16 DÉCEMBRE 1881	15 DÉCEMBRE 1882	21 DÉCEMBRE 1883	19 DÉCEMBRE 1884	18 DÉCEMBRE 1885	17 DÉCEMBRE 1886
Nombre de Membres...	1577	1800	1922	1984	2037	2068	2081	2091
Membres admis pendant l'Exercice..........	98	264	180	110	132	98	102	99
Membres décédés......	17	21	24	23	36	34	31	31
Membres démissionnres.	14	7	17	8	17	11	10	11
Membres rayés........	16	13	17	17	26	22	48	19
Membres exemptés.....	5	3	25	6	10	11	17	12
Exonérations de 600 fr..	9	23	16	7	11	5	11	11
Legs................	Gil Claudio 5.000fr	»	»	2 legs à recevoir	Le Roy 5.000fr	1 legs à recevoir	2 legs à recevoir	Giffard / Sieber } 50.887 50
Dons volontaires......	72fr	3.658fr 75	6.509fr 25	3 128fr 50	1.368 25	673fr »	1.799fr 75	2.200
Encaissements de l'Exercice...............	68.346 74	81.454 84	89.090 33	77.373 68	88.675 93	82.585 84	91.995 79	137.669fr 75
Achat d'Obligations du Midi..............	(25) 9.552 54	(11) 5.348 50	(26) 10.323 95	(10) 3.730 »	(18) 17.429 65	»	(28) 10.358 28	(131) 50.372 05
Remboursement d'Obligations sociales.....	(9) 4.500 »	(20) 10.000 »	(33) 16.500 »	(33) 16.500 »	(14) 7.000 »	(11) 5.500 »	(12) 6.000 »	(14) 7.000 »
Sommes dues.........	11.847 »	13.521 »	12.576 »	15.893 »	17.217 »	18.064 »	14.824 »	
Sommes restant en caisse	19.400 26	21.142 63	17.699 89	15.279 30	13.518 31	10.371 55	12.105 25	20.011 43
Dépenses de l'Exercice..	52.371 27	57.570 43	65.709 12	59.564 27	66.007 27	80.232 60	79.262 09	104.983 07
Avoir de la Société....	278.399 81	301.620 47	325.001 68	342.811 09	366.479 75	368.832 99	385.566 69	425.591 42

Il est ensuite procédé au vote pour l'élection des Membres du Bureau et du Comité pour l'année 1887.

Ces élections ont donné le résultat suivant :

BUREAU

Président : M. BRULL (Achille).

Vice-Présidents :

MM. Contamin (Victor).
Eiffel (Gustave).
Périssé (Sylvain).
Noblot (Adolphe).

Secrétaires :

MM. Bertrand de Fontviolant.
Vallot (Henri).
Clerc (Jules-Auguste).
Durupt (Jules).

Trésorier : M. Hallopeau (Alfred).

COMITÉ

MM. Mallet (Anatole).
Lavezzari (Émile).
Vigreux (Léon).
Carimantrand (Jules).
Reymond (Francisque).
Polonceau (Ernest).
Herscher (Charles).
Morandière (Jules).
Hauet (Alfred).
Rey (Louis).

MM. Buquet (Paul).
Parent (Louis).
Cotard (Charles).
Mayer (Ernest).
Moreau (Auguste).
Armengaud (Jules).
Charton (Jules).
Regnard (Louis).
Appert (Léon).
Boudenoot (Louis).

LE PRIX DE REVIENT

DES

TRANSPORTS PAR CHEMIN DE FER

ET LA QUESTION

DES VOIES NAVIGABLES EN FRANCE, EN PRUSSE ET EN AUTRICHE

PAR

M. W. DE NORDLING

(Communication faite dans la séance du 3 décembre 1886 sur son ouvrage : *Die Selbstkosten des Eisenbahntransportes und die Wasserstrassenfrage in Frankreich, Preussen und Osterreich*, avec 11 cartes et planches. Vienne, 1885, chez Alf. Hölder.)

Voir la table des matières page 785.

Dans un rapport parlementaire adressé en 1884 au Reichsrath autrichien et concluant à la nécessité de construire des canaux en Autriche, le rapporteur affirmait : qu'en France, depuis 1874, plus de 3,000 kilomètres de nouveaux canaux étaient commencés et que, sur ce nombre, 301 kilomètres avaient été terminés et ouverts dans le court espace de 1874 à 1878, notamment les canaux de Donjeux à Pontailler, de l'Oise à l'Aisne, de Montbéliard à Conflandey. Vous savez mieux que moi, Messieurs, qu'il n'en était rien ! Cependant le rapport en question se terminait par cette conclusion : que « l'Au-» triche ne pouvait pas rester en arrière de ses voisines, la France » et la Prusse ! »

Pour réduire cette assertion inattendue à sa juste valeur, je me mis à compulser les documents officiels français et y découvris une erreur tout à fait analogue et non moins singulière. Dans un rapport adressé à l'Assemblée nationale en 1874, je trouvais, en effet, une énumération fantastique de soi-disant projets prussiens avec cette conclusion que je cite textuellement :

« De leur côté les Autrichiens ne restent pas en retard et le tra-

Sur la Pl. 137 il faut lire : voir pages 755 et 760 au lieu de pages 51 et 56.

» vail qu'ils ont entrepris et qui sera bientôt achevé, n'est rien
» moins que le déplacement presque complet du lit du Danube par
» terrassements et remblais, depuis Lintz jusqu'à Belgrade, sur une
» longueur de plus de 900 kilomètres. Tels sont les immenses projets
» de canalisation qui sous peu d'années seront terminés en Alle-
» magne. Il n'est que temps, de notre côté, de nous mettre à l'ou-
» vrage. »

De tous ces projets qui devaient être terminés peu après 1874, aucun n'est même commencé en 1886, si ce n'est une vingtaine de kilomètres de ce déplacement du Danube, aux abords de Vienne, travaux conçus et exécutés bien plus dans le but de mettre la capitale autrichienne à l'abri des inondations et des débâcles, qu'en vue de la navigation.

C'est pour rétablir la vérité des faits, au milieu de si graves erreurs, que j'ai entrepris la publication du livre que j'eus l'honneur de vous présenter à cette place, le 22 mai de l'année dernière. Je vous disais alors : que mon livre concluait à l'inutilité des canaux pour la montagneuse Autriche, et était spécialement écrit pour mes anciens administrés. Cependant l'un de nos collègues lui fit l'honneur d'une traduction en français, et de divers côtés je fus incité à en faire la publication. J'y ai résisté, parce que depuis mon retour au milieu de vous j'ai cru m'apercevoir que l'opinion publique était déjà suffisamment revenue des grands travaux publics en général, et des travaux de canalisation en particulier. Par le même motif, dans le compte rendu que je vais avoir l'honneur de vous faire, je passerai sous silence de nombreux points qui ne me semblent pas assez intéressants pour un public français; par contre, je donnerai quelques développements aux points qui ont été contestés et je citerai les principaux faits nouveaux qui se sont produits depuis la publication de mon livre.

Prix de revient des transports par chemin de fer.

Au dire des partisans des voies navigables, le prix de transport par eau serait notablement inférieur au prix des chemins de fer. C'est là leur principal argument, et il serait décisif s'il était fondé. Pour faire la comparaison, commençons par bien établir le terme relatif aux chemins de fer.

Dans un remarquable mémoire publié dans les *Annales des ponts et chaussées* (1883, II sem.), un auteur distingué évalue le prix de revient de la tonne kilométrique par chemin de fer, comme suit :

en France	5^{c},89
en Allemagne . . .	5^{c},94
en Autriche	8^{r},02

Ces prix sont des moyennes tirées de la totalité des réseaux et comprennent les intérêts du capital de premier établissement. L'élévation du chiffre autrichien — soit dit en passant — tient essentiellement à ce qu'il s'applique à un tonnage moyen moindre. Tout le monde sait, en effet, que plus le tonnage est faible, plus les frais d'exploitation par tonne kilométrique sont élevés. Mais l'observation principale à faire est celle-ci. La plupart des canaux projetés aujourd'hui sont parallèles à des voies de fer existantes. Si les marchandises à transporter par ces canaux étaient chargées sur le chemin de fer, il n'en résulterait pour ce dernier aucune charge nouvelle d'intérêts et d'amortissement, à moins que l'état de la voie n'exige des travaux de réfection ou d'agrandissement, cas particulier que nous laisserons provisoirement de côté. Dans le prix de revient que nous cherchons, les intérêts du capital ne doivent donc pas entrer, car, pour nous, la question est celle-ci : de combien les frais d'exploitation du chemin de fer seront-ils augmentés pour une tonne chargée en wagon au lieu d'être embarquée ?

Pour les transports existants, rien n'est plus facile que de déterminer le prix de revient. Il suffit de prendre les comptes d'exploitation et de diviser le chiffre total des dépenses par le nombre des tonnes kilométriques effectuées. Pour l'Autriche, on trouve ainsi : que sur des lignes ayant un trafic d'un million de tonnes, la dépense d'exploitation s'élève à environ 20,000 francs par kilomètre et que la tonne kilométrique revient ainsi à 2 centimes.

Mais si, au lieu de 1,000,000 de tonnes, le trafic moyen s'élevait à 1,500,000 tonnes, est-ce que les 500,000 tonnes en plus coûteraient encore chacune 2 centimes? Évidemment non; car si, à la vérité, la consommation de charbon, par exemple, doit croître proportionnellement au trafic, il est d'autres articles de dépenses, tels que l'en-

tretien des terrassements et des ouvrages d'art, l'administration centrale, etc., dont le montant restera stationnaire ou variera très peu.

Quiconque a quelque habitude de l'exploitation et de la comptabilité des chemins de fer et veut se fier à son sentiment peut faire, approximativement, la ventilation entre les dépenses plus ou moins constantes et les dépenses plus ou moins proportionnelles. Je me suis livré à ce travail pour l'un des réseaux pour lesquels je possédais les données les plus complètes et les plus dignes de confiance, pour les chemins de la Theiss, en Hongrie (année 1875). En voici les résultats, calculés en vue de marchandises pondéreuses, transportées par wagons et trains complets à de grandes distances.

PRIX DE REVIENT SUR LES LIGNES DE LA THEISS

En tout, les frais d'exploitation se sont élevés, en 1875, à 2 millions 459,745 florins. Comment d'abord répartir cette somme entre le service des voyageurs et celui des marchandises ?

En prenant pour base les kilomètres parcourus par les trains respectifs, on aurait 46 0/0 de la dépense totale pour le service des voyageurs et 54 0/0 pour celui des marchandises. En considérant, comme c'est l'habitude en France, un voyageur kilométrique comme équivalant à une tonne kilométrique de marchandises, on trouverait 35 0/0 pour les voyageurs et 65 0/0 pour les marchandises. Pour couper court à toute objection, j'ai opéré la répartition d'après une proportion encore plus défavorable aux marchandises, à savoir au prorata des tonnes brutes mises en mouvement tant pour les voyageurs que pour les marchandises. Cela donne la proportion de 28 0/0 pour les voyageurs et de 72 0/0 pour les marchandises, et encore n'ai-je appliqué cette proportion qu'aux dépenses communes. Les dépenses exclusivement occasionnées par les marchandises (par exemple, les frais de chargement et de déchargement de la petite vitesse) ont été intégralement imputées aux marchandises. Dans le tableau qui suit et qui récapitule ces différentes opérations, ces derniers chiffres sont marqués d'un astérique.

NATURE DES DÉPENSES	DÉPENSE totale de l'exercice	PART du service des marchandises 72 0/0 * 100 0/0	DÉPENSES DU service des marchandises réputées constantes	proportionnelles
	florins	florins	florins	florins
A. Administration centrale.				
1. Dépenses de toute nature	91.044	65.552	65.552	»
B. Surveillance et entretien de la voie.				
2. Service central	39.058	28.122	28.122	»
3. Frais généraux de la surveillance et de l'entretien	77.414	55.738	55.738	»
4. Surveillance de la voie	141.259	101.706	101.706	»
5. Entretien et transformation de l'infrastructure	61.114	44.002	44.002	»
6. Salaire des équipes d'entretien . . .	77.475	55.782	»	55.782
7. Fourniture de ballast, de traverses, etc.	122.115	87.923	87.923	»
8. — de rails et de leurs accessoires	179.733	129.408	»	129.408
9. Entretien et transformation des bâtiments	73.642	53.022	53.022	»
10. Dépenses extraordinaires	3.059	2.202	2.202	»
C. Service de l'exploitation et commercial.				
11. Service central	140.580	101.218	101.218	»
16. Traitement et salaires du personnel des inspections et des stations.	266.324	191.753	191.753	»
13. Manutention (chargement et déchargement) de la petite vitesse	62.244	* 62.244	»	62.244
14. Frais de bureau de la petite vitesse. .	44.267	31.872	31.872	»
15. Nettoyage des wagons et manœuvres à bras	34.507	24.845	»	24.845
16. Manœuvres par locomotives.	116.403	83.810	»	83.810
17. Entretien du mobilier des gares et stations et du télégraphe	23.174	16.685	16.685	»
18. Indemnités, primes d'assurance . . .	17.061	* 17.061	»	17.061
19. Service des trains (conducteurs, garde-freins, éclairage, etc.)	101.567	73.128	»	73.128
D. Matériel et traction.				
20. Service central	34.077	24.535	24.535	»
21. Traction	430.878	310.232	»	310.232
22. Entretien des locomotives	143.151	103.069	»	103.069
23. — des voitures et wagons . .	176.609	127.158	»	127.158
24. Divers (accidents extraordinaires, charrues à neige, etc.).	2.990	2.153	»	2.153
TOTAUX { en florins (papier).	2.459.745	1.793.220	804.330	988.890
TOTAUX { en francs (1 florin = 2 francs).	4.919.490	3.586.440	1.608.660	1.977.780

857,505 tonnes de marchandises ayant été transportées à la distance moyenne de 134 kilomètres, et la longueur totale des lignes étant de 585 kilomètres, on a :

Tonnage moyen ou ramené à la distance entière. . 196,000
Nombre total des tonnes kilométriques effectuées. 114,906,000

Voyons maintenant les prix d'unité :

Prix moyen des tonnes kilométriques effectivement transportées :

$$\frac{3,586,440}{114,906,000} = 3^{c}\ 12$$

Dépense à effectuer pour une tonne kilométrique en plus à transporter (dépense proportionnelle) :

$$\frac{1,977,780}{114,906,000} = 1^{c}\ 72$$

c'est-à-dire seulement 55 0/0 du prix moyen.

En raison des conditions géographiques et économiques où se trouvaient les chemins de fer de la Theiss, les wagons y étaient assez mal utilisés ; pour une tonne nette, il fallait transporter 2 t. 3 brutes.

En remarquant que certains éléments constitutifs du prix de 1c 72 doivent être proportionnels à la charge brute, et d'autres, à la charge nette, et en faisant sur cette base une nouvelle ventilation, on arrive aux résultats suivants :

Prix d'une tonne kilométrique en plus ou en moins :

(a) dans les conditions susénoncées des lignes de la Theiss,

1 tonne de charge utile, à	0c 94	0c 94
1,3 — de poids mort, à	0 60	0 78
	Total, comme ci-dessus.	1c 72

(b) avec wagons pleins dans un sens et vides dans l'autre (1 wagon pesant 5 tonnes et portant 10 tonnes),

1 tonne de charge utile, à	0c 94	0c 94
1 — de poids mort, à	0 60	0 60
	Total.	1c 54

(c) avec wagons pleins dans les deux sens,

1 tonne de charge utile, à	0c 94	0c 94
1/2 — de poids mort, à	0 60	0 30
	Total.	1c 24

(d). Enfin, en utilisant pour le chargement un wagon retournant à vide, les frais se réduisent à 0 c. 94.

PRIX DE REVIENT SUR D'AUTRES LIGNES AUTRICHIENNES

Les calculs qui précèdent étant uniquement basés sur les lignes de la Theiss, je les ai refaits tant bien que mal pour d'autres lignes autrichiennes, en me servant, cette fois, de la formule française : 1 voyageur kilom. = 1 tonne kilom., et je suis arrivé ainsi à cette conclusion :

Que, sur des lignes à trafic tant soit peu développé, le prix de revient d'une tonne kilométrique en plus ou en moins ne dépasse pas 1 c.4 ;

Que sur des lignes à fort tonnage comme celle du *Nordbahn*, ce prix descend à 1 centime.

Remarquons en passant que, dans les questions de tarifs de concurrence, ce sont les prix de revient de la tonne kilométrique *en plus ou en moins* qui importent et non les prix moyens généraux.

Les résultats *théoriques* précités ayant été contestés, j'ai voulu rassembler des preuves *empiriques*. A cet effet, je me suis adressé à la Statistique officielle des chemins de fer de la monarchie austro-hongroise et y ai compulsé de préférence les lignes qui, tout en conservant à peu près la même longueur exploitée, ont subi de notables augmentations de trafic. Je n'en citerai ici que deux exemples : 1° le « *Kaiser-Ferdinands-Nordbahn* » (chemin de fer du Nord de l'empereur Ferdinand), le plus ancien et le plus fréquenté de l'Autriche, lequel s'étend de Vienne à Brünn et à Cracovie, en desservant les riches houillères qui alimentent la capitale ; et 2° la ligne de Dux à Bodenbach, qui effectue de grands transports de lignite, sur la rive gauche de l'Elbe, le long de la frontière saxo-bohémienne.

Nordbahn.— Longueur exploitée : 699 kilomètres, sans changement de 1879 à 1883.

NORDBAHN		TRAFIC MOYEN	FRAIS D'EXPLOITATION kilométriques
1879 Novembre	Voyageurs.	226 800	francs.
	Marchand. (tonnes) .	1.054,500	
		1,281,300	24.230
1883	Voyageurs.	268,700	
	Marchandises	1,405 200	
		1,67[illegible],900	27.600
Augmentation	Voyageurs.	41,900	
	Marchandises	350.700	
		392,600	3.370

On a donc :

Prix moyen d'une tonne kilométrique (1883)	$\frac{27.600}{1.673.900}$	$= 1^{f},64$
Prix d'une tonne kilométrique en plus ou en moins. . . . . (1879-83).	$\frac{3.370}{392.600}$	$= 0^{f},86$
Rapport des deux prix	$\frac{0.86}{1.64}$	= 52 0/0

Dux-Bodenbach. — La longueur exploitée s'est élevée de 86 kilomètres en 1872 à 89 kilomètres en 1879 et est restée stationnaire depuis.

DUX-BODENBACH		TRAFIC MOYEN	FRAIS D'EXPLOITATION kilométriques
1872	Voyageurs.	35,900	francs.
	Marchandises	77,600	
		113,500	5,520
1874	Voyageurs.	94,800	
	Marchandises	406,800	
		501,600	13,380
1883	Voyageurs.	76,500	
	Marchandises	698,000	
		774,500	15.866
Augmentation 1872-74	Voyageurs.	58,900	
	Marchandises	329,200	
		388,100	7,860
Augmentation 1874-83	Voyageurs.	— 18,300	
	Marchandises	+ 291,200	
		272,900	2,486

On a donc ;

Prix moyen d'une tonne kilométrique.	(1874)	$\frac{13,380}{501,600}$	$= 2^{f},66$
	(1883)	$\frac{15,866}{774,700}$	$= 2^{f},04$
Prix d'une tonne kilométrique en plus ou en moins.	(1872-74)	$\frac{7,860}{388,100}$	$= 2^{f},02$
	(1874-83)	$\frac{2,486}{272,900}$	$= 0^{f},90$
Rapport des prix.	(1874)	$\frac{2,02}{2,66}$	= 76 p. 100
	(1883)	$\frac{0,90}{2,04}$	= 45 p. 100

Ces résultats purement empiriques confirment singulièrement les conclusions théoriques. Mais ce n'est pas tout ! Ayant rapporté les données statistiques de différents exercices non seulement des deux chemins précités, mais du plus grand nombre des réseaux indépendants de l'Autriche, en prenant pour abscisses le trafic moyen de chaque ligne et de chaque exercice, et pour ordonnées les dépenses kilomètriques afférentes, je suis arrivé à un résultat tout à fait inattendu. J'ai pu tracer une courbe régulière qui représente, avec une étonnante approximation, la moyenne des dépenses d'exploitation. Cette courbe est reproduite à la page 718 ci-contre et résumée, comme polygone, dans le tableau suivant :

TRAFIC moyen x	DÉPENSE kilométrique y	PRIX moyen de la tonne kilométrique $\frac{y}{x}$	AUGMENTATION du trafic	de la dépense kilométrique	Prix de la tonne kilométrique $\frac{dy}{dx}$	DÉPENSES dites constantes	PART des dépenses proportionnelles dans le prix total
	francs	centimes		francs	centimes	francs	p. 100
0	3,200	∞				3,200	0.0
			250,000	5,000	2,00		
250,000	8,200	3,28				3,200	61.0
			250,000	4,400	1,76		
500,000	12,600	2,52				3,800	69,8
			250,000	4,000	1,60		
750,000	16,600	2,20				4,600	72,3
			250,000	3,600	1,44		
1,000,000	20,200	2,02				5.800	71,3
			250,000	3,200	1,28		
1,250,000	23,400	1,88				7,400	68,4
			250,000	2,600	1,04		
1,500,000	26,000	1,74				10,400	60,0
			250,000	2,000	0,80		
1,750,000	28,000	1,60				14,000	50,0

Il est peu de lignes autrichiennes dont les résultats de l'exploitation s'écartent notablement de la courbe en question.

En général, chaque réseau bien caractérisé doit avoir, en principe, sa propre courbe. Il est superflu d'insister là-dessus. Mais il est clair aussi que toutes ces courbes doivent avoir certaines propriétés communes.

Nous devons faire observer que dans sa partie extrême, au delà de l'abscisse 1,000,000, le tracé de notre épure repose uniquement sur le Nordbahn, dont le gros trafic consiste en houillé, et que, s'il avait consisté en d'autres marchandises ou un plus grand

Les dépenses d'exploitation kilométriques comme fonction du trafic sur les chemins de fer de l'Autriche.

francs 30000 Y
A0
25000
20000
15000
B
10000
5000
C
D
A
X
0 1 2 3 4 6 7 8 9 11 12 13 14 16 17
8.200 250.000
12.600 500 000
16.600 750 000
20.200 1.000.000
23.400 1250.000
26 000 1500.000
28 000 1750 000
Trafic moyen de voyag.rs et de March.ses

nombre de voyageurs, la courbe, dans la partie en question, se serait sans doute relevée davantage. A son autre extrémité, entre 0 et 100,000, le tracé ne s'appuie pas sur des données suffisamment probantes, et il est à présumer que pratiquement cette partie de la courbe devrait être remplacée par une horizontale. Il est assez généralement admis, en effet, qu'au-dessous d'un certain trafic la dépense effective ne varie pas. En France, pour les lignes d'intérêt général, ce minimum de dépense est communément évalué à 6,000 francs par kilomètre, chiffre qui, pour l'Autriche, semble se réduire à 5,000 ou même 4,000 francs.

Pratiquement et en langue vulgaire, notre courbe dit : que sur les chemins de fer de l'Autriche

Les premières	250,000 unités (tonnes ou voyageurs)	coûtent	3f,28	soit p. kilom.	8,200 fr.
	les 250,000 suiv.	—	1,76	—	4,400 —
	— 250,000 —	—	1,60	—	4,000 —
	— 250,000 —	—	1,44	—	3,600 —
	— 250,000 —	—	1,28	—	3,200 —
	— 250,000 —	—	1,04	—	2,600 —
Ensemble	1,500,000 unités	—	1,74	—	26,000 —

Au delà d'un trafic de 1,500,000, le prix des accroissements ultérieurs descend à 8 millimes par tonne kilométrique, dernier prix empirique en Autriche.

Remarquons encore : que si le trafic s'élève successivement de 500,000 unités à 1,000,000 et à 1,500,000, c'est-à-dire s'il augmente dans le rapport de

$$1 : 2 : 3$$

les dépenses d'exploitation correspondantes n'augmentent que dans le rapport de

$$1 : 1\tfrac{1}{2} : 2$$

On pourrait être tenté de remplacer la courbe empirique par une courbe géométrique. Voici deux formules répondant à cet ordre d'idées, ainsi que les ordonnées calculées d'après elles, en regard des ordonnées empiriques :

Parabole $y^2 = 400\ x$

Hyperbole $6875\ y^2 = 1\ 600\ 000\ x + x^2$

ABSCISSES	ORDONNÉES		
	EMPIRIQUES	DE LA PARABOLE	DE L'HYPERBOLE
Zéro	3.200	Zéro	Zéro
250.000	**8.200**	10.000	**8.202**
500.000	12.600	14.142	12.358
750.000	16.600	17.320	16.012
1.000 000	**20.200**	**20.000**	19.446
1.250.000	23.400	22.360	22.764
1 500.000	**26.000**	24.494	**26.008**
1.750.000	28.000	26.458	29.202

Les chiffres en gros caractères correspondent aux points pris pour repères.

Ce qui m'a fait citer ces deux exemples, c'est qu'ils font voir dans une pureté intéressante la part des dépenses proportionnelles dans les dépenses totales ou, ce qui revient au même, le rapport entre le prix d'une tonne en plus et le prix de la tonne moyenne, rapport exprimé par la formule

$$\frac{x\,dy}{y\,dx}$$

Comme la sous-tangente d'une parabole est égale à $2x$, le rapport en question est, dans le cas de la parabole $= 1/2$, c'est-à-dire qu'une tonne en plus coûterait toujours juste la moitié de la tonne moyenne.

Dans le cas de l'hyperbole, on a :

$$\frac{x\,dy}{y\,dx} = \frac{x + \ 800\ 000}{x + 1\ 600\ 000}$$

c'est-à-dire qu'à l'origine la tonne en plus coûterait également la moitié de la tonne moyenne, mais peu à peu ce rapport s'accroîtrait et pour un trafic infiniment grand le prix de la tonne en plus serait égal au prix moyen.

Il serait intéressant d'établir des courbes analogues pour les chemins français. Mais je crains que ce ne soit pas facile, parce que

l'étendue des réseaux français a beaucoup plus varié qu'en Autriche, et qu'en raison de l'adjonction continuelle de nouvelles lignes à faible trafic, le tonnage moyen de nos grands réseaux n'a varié que dans des limites beaucoup plus étroites. D'ailleurs, deux vastes réseaux, même en les supposant dans des pays identiques, peuvent avoir le même trafic moyen sans avoir pour cela les mêmes frais d'exploitation. Cela résulte de la forme convexe de la courbe. Considérons, en effet, deux lignes, l'une avec un trafic de 250,000 et l'autre, de même longueur, avec un trafic de 1,750,000. Leur trafic moyen sera ainsi de 1,000,000, et leur dépense d'exploitation, pour la première de 8,200, pour la deuxième de 28,000 francs, et, en moyenne de 18,100 francs par kilomètre. C'est 2,100 francs de moins que le prix de 20,200 francs indiqué par l'épure et le tableau pour un trafic de 1,000,000. L'économie en question se trouve graphiquement représentée par la flèche de l'arc formé par la courbe. Pour établir celle-ci tout à fait correctement, il ne faudrait donc opérer que sur des lignes à trafic homogène.

Quoi qu'il en soit, retenons qu'en Autriche, d'après les données de l'expérience, le prix de revient, compris comme notre sujet le comporte, c'est-à-dire le prix d'une tonne kilomètrique en plus ou en moins, descend, sur les lignes à moyen trafic, à 1c5 et sur les lignes à gros trafic, à un centime et même au-dessous.

Canaux maritimes.

Avant d'aborder la question de la concurrence entre les chemins de fer et les canaux, distinguons bien entre ces derniers. N'ai-je pas entendu invoquer l'exemple du canal de Suez en faveur du projet d'un canal de Vienne à Prague ! Ne confondons pas la navigation maritime avec la navigation intérieure.

Parmi les canaux maritimes, les uns ont pour but d'abréger le parcours, en coupant des isthmes, les autres, de faire pénétrer la navigation maritime dans l'intérieur des continents.

Dans la première catégorie figurent :

1° Le canal de Suez, dont le tonnage effectif s'est élevé de 1,000,000 tonnes en 1872, à 5,871,000 tonnes en 1884, en offrant, par conséquent, un accroissement annuel moyen de 23 pour cent ;

2° Le canal de Panama ;

3° Celui de l'isthme de Corinthe ;

4° Le canal de la mer du Nord à la Baltique, des bouches de l'Elbe au port militaire de Kiel, de façon à éviter à la marine allemande le passage par le Sund et la longue et périlleuse circumnavigation de la presqu'île du Jutland (voir la pl. 137). La construction de ce canal, plus militaire que commercial, a été décidée par une loi de l'empire d'Allemagne du 6 mars 1886. Le nouveau canal aura une profondeur de $8^{m},50$, une largeur de 26 mètres au plafond, de 60 mètres à la ligne d'eau et une longueur de 98 kilomètres. Il n'aura d'écluses qu'à ses deux extrémités, des écluses de marée ; du côté de la mer du Nord, on en prévoit trois : une petite pour les bâtiments de commerce, une grande pour les vaisseaux de guerre, et une troisième pour quatre vaisseaux à la fois. La tranchée du faîte n'aura pas plus de 32 mètres de profondeur jusqu'au plafond. La dépense est évaluée à 156 millions de marcs, soit 200 millions de francs, sur lesquels le royaume de Prusse, comme plus intéressé que les autres États, s'est engagé à payer tout d'abord 62,500,000 francs et dont le reste incombera à la Caisse de l'Empire. On prend les mesures pour commencer les travaux.

5° Enfin, je mentionnerai ici le canal des Deux-Mers, dont il a été récemment question dans le Midi.

De la seconde catégorie de canaux maritimes, la catégorie des canaux de pénétration, font partie :

1° Le canal canadien de Welland, entre les grands lacs américains et l'Atlantique. Ce canal existe depuis longtemps avec de petites dimensions ; on s'occupe actuellement de le rendre accessible aux grands navires.

2° Le canal hollandais d'Ymuiden, sur la mer du Nord, à Amsterdam. Ce canal, long de 25 kilomètres, qui n'a d'autre but que d'améliorer l'accès du port d'Amsterdam, a été ouvert en 1877.

3° Le canal latéral à la Newa, long de 32 kilomètres, et ouvert en mai 1885, a pour but de transformer Pétersbourg en port de mer.

4° Un canal analogue, long de 30 kilomètres, doit mettre le port de Rotterdam en communication directe avec la mer du Nord.

5° La ville de Manchester poursuit à son tour la réalisation d'un canal maritime, de 59 kilomètres de longueur, dans le but de s'affranchir du port de Liverpool, accusé de percevoir des droits trop élevés. Après trois années de luttes devant le Parlement, luttes qui n'ont pas coûté moins de 8 millions de francs, la concession a enfin été obtenue en 1885. Mais la réalisation du capital, fixé à 245 millions de francs, vient de rencontrer des difficultés imprévues.

Mentionnerai-je encore la pléiade de projets qui ont pris pour étiquette : Paris port-de-mer ; Bruxelles port-de-mer ; Bruges, Gand, Louvain ports-de-mer ; Bâle port-de-mer... Vous croyez peut-être, Messieurs, que j'invente, mais je n'invente pas !

De tous ces projets, disons de toutes ces aspirations, je n'ai heureusement pas à m'occuper, car ils ne rentrent pas dans mon sujet, qui est la navigation intérieure. On les concevra ou les excusera du moins, si l'on envisage le prodigieux essor de la navigation maritime que tout le monde connaît et que j'ai cherché à préciser dans le tableau ci-après, sans pouvoir garantir l'exactitude de tous les chiffres.

Tonnage de divers ports de mer

RANG d'importance	DÉSIGNATION du PORT	ANNÉES	IMPORTATION ET EXPORTATION RÉUNIES — Tonnage de jauge	Coefficient	Tonnage effectif	ACCROISSEMENT ANNUEL 0/0
				%.		
1	New-York	1871	10.622.000			10
		1880	19.845.000	60	11.907.000	
2	Londres	1861	9.323.000			4
		1882	16.807.000	60	10.084.000	
3	Liverpool	1861	8.947.000			3 1/2
		1882	15.420.000	60	9.252.000	
4	Anvers	1861	1.274.000			21
		1882	6.843.000	60	4.105.000	
5	Marseille	1861	3.430.000			6
		1882	8.060.000	50	4.030.000	
6	Hambourg	1873	3.714.000			7
		1882	5.963.000	60	3.578.000	
7	Havre	1861	2.494.000			4
		1882	4.548.000	60	2.729.000	
8	Rotterdam	1861	1.448.000			9
		1882	4.030.000	60	2.448.000	
9	Gênes	1861	1.937.000			7
		1882	4.661.000	50	2.330.000	
10	Bordeaux	1861	1.331.000			6
		1882	3.126.000	60	1.876.000	
11	Trieste	1878	2.340.000			
		1882	2.465.000	50	1.232.000	»
		1883	2.409.000			
		1884	2.338.000			
12	Amsterdam	1861	903.000			6
		1882	1.960.000	60	1.176.800	
13	Venise	1861	739.000			5
		1882	1.546.000	50	773.000	

Pas un des ports de mer compris dans ce tableau n'accuse une décroissance, tandis que l'accroissement annuel atteint 10 0/0 pour New-York, 21 0/0 pour Anvers !

Les chemins de fer et la navigation intérieure.

Pour les voies navigables intérieures aussi, il y a lieu de faire une distinction entre certains fleuves privilégiés, tels que le Rhin, l'Elbe, le Danube, sur lesquels nous aurons à revenir, et les canaux et rivières canalisées ordinaires.

Pour ceux-ci, les prix de transport par tonne et par kilomètre ont été évalués comme suit : par M. Lucas (rapport rédigé pour l'Exposition de Vienne), au minimum à 2 centimes, en moyenne à 3 centimes ; par la Commission d'enquête de l'Assemblée nationale (rapport du 8 juin 1872), pour les rivières canalisées, à 2 centimes, pour les canaux à $1^{c},47$, et pour celui du Berry en particulier, à $1^{c},24$.

Sur les canaux autrefois français de l'Alsace-Lorraine, le fret était de 1873-83 en moyenne de $1^{c},5$; depuis, il s'est abaissé à $1^{c},4$ en 1884 et à $1^{c},3$ en 1885.

Sur les voies navigables de la Prusse, le fret varie entre 1 centime et $4^{c},4$; la moyenne est un peu inférieure à $2^{c},5$.

En présence de ces chiffres et des prix de revient trouvés pour les chemins de fer autrichiens, savoir 1,5 à 1 centime par tonne kilométrique, on voit que les canaux projetés en Autriche ne pourraient pas facilement enlever aux chemins existants une partie de leur trafic, pour peu que ces chemins tiennent à le conserver, d'autant plus que le commerce a une prédilection pour les chemins de fer et leur donne la préférence, même au prix d'un petit sacrifice.

Mais ce n'est pas tout ! Comme il s'agit de chemins de fer existants et de canaux à construire, il faut encore tenir compte des intérêts et de l'amortissement du capital de premier établissement à engager dans ces derniers.

Je montrerai plus loin, par l'exemple du canal de l'Est, de la canalisation du Mein, des canaux de l'Ems et du Danube à l'Oder que, s'il s'agit uniquement de mettre le commerce et l'industrie en

jouissance de prix de transport aussi bas que ceux de la navigation, il n'y a pas besoin de construire de nouveaux canaux; que souvent l'Etat peut obtenir le même résultat à meilleur compte en économisant les intérêts en question et en réduisant simplement ou en faisant réduire par les Compagnies concessionnaires les tarifs des chemins de fer.

Les calculs de cette nature sembleraient devoir décourager les promoteurs de nouveaux canaux, mais les peuples modernes avec leurs systèmes représentatifs sont bien plus accessibles aux entraînements de la mode, aux exemples donnés par leurs voisins. C'est pourquoi la plus grande partie de mon livre est consacrée à l'histoire ancienne et moderne de la navigation intérieure de divers pays et notamment de la France, qui possède non seulement le réseau le plus ancien et le plus complet, mais encore la statistique la plus parfaite.

Voies navigables de la France.

HISTORIQUE

Les plus anciens canaux de la France actuelle datent du XVI[e] siècle, et sont situés tant en Flandre que près de Narbonne.

Le premier canal à point de partage, le canal de Briare, long de 59 kilomètres et franchissant une altitude de 165 mètres, a été commencé en 1605 et achevé en 1642.

Le canal du Midi, l'œuvre célèbre de Riquet, long de 240 kilomètres et s'élevant jusqu'à 189 mètres, a été concédé en 1666 sous la désignation de canal des Deux-Mers et ouvert en 1681.

Après un assez long intervalle, *le canal du Centre* fut ouvert en 1793, si bien que dès la fin du dernier siècle, des jonctions d'une longueur totale de 1,004 kilomètres existaient entre les bassins de la Seine, de la Loire, du Rhône et de la Garonne, établissant une navigation intérieure (au moins nominale) entre Paris, Orléans, Nantes, Nevers, Lyon, Avignon, Toulouse, Bordeaux.

Sous le premier Empire, en raison des travaux commencés antérieurement, la longueur du réseau navigable fit plus que doubler.

Mais la véritable impulsion aux travaux de canalisation fut donnée sous la Restauration par des lois de 1821-1822, qui n'eurent qu'un tort : celui de trop limiter l'influence de l'Etat sur les tarifs de péage consentis en faveur des bailleurs de fonds. Rappelons quelques-uns des chiffres les plus curieux des péages d'alors :

Porcelaine	0 fr.	44	par tonne kilo$^{que.}$
Vins, eaux-de-vie.	0	40	—
Fers et fontes	0	30	—
Blé (0,25 le kilolitre, soit).	0	20	—
Sels 0,30 — .	0	15	—
Minérai.	0	15	—
Pierres, plâtre (0,20 le m. c. soit)	0	10	—

Les canaux exécutés en vertu des lois de 1821-1822 n'étaient ni des canaux de l'Etat, ni des canaux concédés, mais d'un système mixte qui, en raison des plaintes incessantes du commerce et de l'industrie au sujet de l'élévation du péage, a fini par être racheté par voie d'expropriation publique, de 1845 à 1853, sans être complètement terminé à cette dernière époque.

C'est sous le gouvernement de Juillet que la navigation était le plus florissante. La longueur du réseau exploité, qui fin 1830 était de 2,129 kilomètres, s'éleva fin 1847 à 4,170 kilomètres. Et comme la plupart des canaux à point de partage ou latéraux étaient terminés ou en construction, on reporta l'attention également sur les rivières proprement dites qui, jusqu'en 1835, étaient pour ainsi dire restées dans leur état naturel.

Bientôt, cependant, en 1844, les premières voix se firent entendre demandant l'abandon des canaux encore en construction, notamment de ceux de la Marne au Rhin et du canal latéral à la Garonne. Toutefois, ces canaux furent encore sauvés par la formule ingénieuse et populaire : « Le chemin de fer est la voie du marchand; le canal, de la marchandise, » mais leur ouverture se fit, au dire de Malézieux, au milieu de l'indifférence générale, du premier en 1853, de l'autre en 1855. C'est qu'à cette époque les chemins de fer avaient déjà révélé leur puissance de transport pour les marchandises.

L'indifférence s'accentua jusqu'à l'époque du traité de commerce anglo-français en 1859. A la suite de ce traité libre-échangiste, l'industrie française réclama avec instance l'abaissement des tarifs des chemins de fer, notamment pour la houille qui, pour des distances supérieures à 100 kilomètres, était encore taxée à 5 centimes par tonne et par kilomètre.

Comme les Compagnies répondaient par un *Non possumus*, le ministre se retourna du côté des voies navigables ; il poursuivit le rachat des canaux concédés, abaissa notablement le péage sur ceux de l'État et provoqua la construction de divers canaux d'embranchement d'intérêt industriel, notamment du canal latéral à la Sarre, des embranchements de Dieuze et de Colmar, du canal de Vitry-le-François à Donjeux.

Par le traité de Francfort, la France perdit avec l'Alsace-Lorraine 401 kilomètres de canaux en exploitation, et deux de ses artères principales, le canal de la Marne au Rhin et celui du Rhône au Rhin, se trouvèrent interceptées, amputées par la nouvelle frontière. Pour ressouder les membres épars, une loi patriotique du 13 février 1874 créa le canal de l'Est, composé, comme vous savez, de deux branches distinctes. La branche du Nord est en grande partie formée par la canalisation de la Meuse, depuis Givet jusqu'à Troussey, sur le canal de la Marne au Rhin. La branche Sud se détache de ce même canal près de Toul et s'étend jusqu'à Port-sur-Saône, après avoir franchi, à l'altitude de 361^{m}, le faîte séparatif de la Moselle et de la Saône. Le canal de l'Est a été ouvert par sections successives de 1875 à 1882.

Dans l'intervalle, la commission d'enquête sur les voies de communication, instituée par l'Assemblée nationale immédiatement après la guerre, avait terminé ses études. Dans son rapport final du 13 juin 1874, elle indiquait qu'il serait désirable de pouvoir consacrer 150 à 295 millions à l'amélioration des voies navigables existantes et 285 à 537 millions à la construction de nouveaux canaux. Mais le Trésor public était encore trop affecté par les charges de la guerre, pour que ce vœu pût recevoir une satisfaction partielle tant soit peu sérieuse.

Ce n'est qu'en exécution du programme Freycinet, par la loi du 5 août 1879, que les travaux de navigation reçurent une nouvelle et vive impulsion, pas si forte cependant qu'on pourrait être tenté

de le croire. En fait, il n'a été dépensé jusqu'à la fin de 1883 qu'un peu plus de 300 millions, savoir :

Pour l'amélioration des fleuves et rivières	158,416,251 fr.
— — des canaux existants	83,535,980
— l'établissement de nouveaux canaux	60,360,600
Total.	302,312,830 fr.

Les travaux d'amélioration des cours d'eau comprennent en première ligne : l'approfondissement de la Seine dans la traversée de Paris et de Paris à Rouen ; la canalisation de la Saône entre Port-sur-Saône (embouchure du canal de l'Est) et Lyon ; l'amélioration du Rhône en aval de Lyon, etc.

Les 83.5 millions relatifs aux canaux existants se répartissent entre vingt-cinq lignes différentes ; ils s'appliquent tant à l'augmentation du tirant d'eau, qu'à l'allongement des écluses et l'augmentation des moyens d'alimentation.

Les 60.36 millions de travaux neufs enfin se répartissent de la façon suivante entre six projets de canaux :

DÉSIGNATION DES CANAUX	LONGUEUR	MONTANT de L'ÉVALUATION	DÉPENSE EFFECTUÉE à la fin de 1883
	kil.	millions	fr.
Canal à point de partage de la Marne à la Saône, de Donjeux à Pontailler.	151	44	37.128.800
Canal à point de partage de l'Oise à l'Aisne. . .	47	15	14.993.400
— du Doubs à la Saône, de Montbéliard à Conflandey	82	22	3.080.700
Embranchement de Saint-Dizier à Wassy.. . . .	21	4.8	3.053.400
Canal du Havre à Tancarville.	25	19.5	1.530.000
Prolongement du canal de la Sauldre.	3.5	0.6	574.300
Totaux.	329.5	105.9	60.360.000

Le *Bulletin des Travaux publics*, d'où ces chiffres sont tirés, a cessé. depuis, ce genre de publication ; c'est ce qui m'empêche, Mes-

sieurs, de vous donner des chiffres plus récents. Je suppose du reste que vous n'y attachez qu'une importance secondaire, car il est évident qu'il faut finir ce qui est commencé, et il paraît convenu qu'on ne commencera aucun travail nouveau. Ce qu'il sera intéressant de constater, ce n'est pas le chiffre exact de la dépense de premier établissement, mais les avantages qu'en retireront le commerce et l'industrie, avantages plus ou moins proportionnels au tonnage des marchandises qui y circuleront.

Le petit canal de Wassy a été ouvert en 1883. Mais les canaux de la Marne à la Saône, du Doubs à la Saône et de l'Oise à l'Aisne, sont encore fort loin de leur achèvement.

Leur exécution a rencontré des difficultés imprévues, et leurs estimations de dépenses seront très notablement dépassées, ainsi que nous le verrons plus loin. Les plus avancés des canaux en construction sont : le canal de l'Oise à l'Aisne et le canal de Tancarville qu'on espère pouvoir livrer, tous deux, en 1888.

Pour mes lecteurs autrichiens et allemands, auxquels on cherchait à faire accroire que dans la France contemporaine on attachait plus d'importance aux canaux qu'aux chemins de fer, assertion que les accroissements respectifs des réseaux devraient corroborer, j'ai dressé un graphique sur lequel je vous demande la permission d'appeler votre attention (voir Pl. 136). Il en résulte que la longueur des chemins de fer qui en 1840 ne forme que 11 0/0 de celle des canaux, arrive à la parité dès 1874, et est 3 fois 1/2 plus forte en 1870 et 6 fois 1/4 fin 1885.

Voici, en effet, fin 1885, la situation des canaux français proprement dits :

LONGUEUR DES CANAUX	En exploitation	En projet ou en construction	ENSEMBLE
	kil.	kil.	kil.
Concédés à perpétuité.	413	»	413
Concédés temporairement	487	8	495
De l'État	4.162	674	4.836
Totaux	5.062	682	5.744

A la même époque (d'après la *Revue générale des Chemins de fer*), nous avions en exploitation :

Lignes d'intérêt général . . .	30,495	kilom.
— — local	1,171	—
Ensemble . . .	31,666	—

Mentionnerai-je encore qu'en Autriche et en Allemagne on se persuade volontiers que les canaux de navigation peuvent jouer en même temps le rôle de canaux d'irrigation et de canaux de dessèchement, prévenir des inondations au moyen de leurs réservoirs alimentaires et, par-dessus le marché, fournir des forces motrices en abondance? Votre propre expérience dans ces matières me dispense et m'interdit d'insister ici sur les exagérations en question.

COUT DES CANAUX FRANÇAIS

Dans son ouvrage déjà cité, M. Lucas a donné la dépense de premier établissement pour 56 canaux anciens d'une étendue totale de 4,754 kilomètres. Il a trouvé un prix moyen de 165,300 francs par kilomètre, non compris les frais de personnel, ni les intérêts du capital pendant la construction.

M'attachant de préférence aux créations les plus récentes, qui méritent à la fois plus d'intérêt et plus de confiance, j'ai dressé avec les données de M. Lucas, le tableau suivant :

Frais de construction de divers canaux français.

Date de l'ouverture	Commencement des travaux	Durée de la construction	DÉSIGNATION DES CANAUX	Longueur	Largeur du plan d'eau	Profondeur	ÉCLUSES Nombr.	ÉCLUSES Larg.	ÉCLUSES Long.	DÉPENSE faite fin 1870 totale	DÉPENSE faite fin 1870 par kil^{m}
				kilom.	m.	m.		m.	m.	fr.	fr.
1662	?	?	Canal de la Colme	38.3	11 »	1.65	3	5.20	46 »	1.800.000	47.000
1832	1784	48	Canal de Bourgogne	242.0	17 »	1.80	191	5.20	34 »	57.044.000	235.700
1833	1784	49	Canal du Rhône au Rhin (avec l'embranchement de Huningue)	350.1	15.40	1.50	164	5.20	30.30	29.000.000	82.900
1835	1821	14	Canal des Ardennes (avec l'embranchement de Vouziers)	100.0	15.20	1.80	48	5.20	37.50	14.649.000	146.500
1838	1822	16	Canal latéral à la Loire, de Roanne à Digoin	55.8	14.80	1.60	14	5.20	33 »	9.910.000	177.600
1838	1830	8	— — de Digoin à Briare avec ses embranchements	206.3	14.80	1.60	53	5.20	34.60	33.946.000	164.500
1840	1822	18	Canal de Nantes à Brest	360.0	15.40	1.60	235	4.70	29.40	54.760.000	152.100
1841	1837	4	Canal latéral à l'Aisne (de Vieux-lès-Asfeld à Celles)	51.5	14.80	1.60	8	5.20	37 »	5.830.000	113.000
1842	1784	58	Canal du Nivernais (d'Auxerre à Decize)	175.6	14.50	1.50	116	5.10	33.10	33.552.000	191.000
1845	1837	8	Canal latéral à la Marne (de Dizy à Vitry)	106.1	14.80	1.90	34	5.20	38.10	16.290.000	153.500
1867	1861	6	— — (de Vitry à Saint-Dizier)								
1853	1838	15	Canal de la Marne au Rhin (de Vitry à Strasbourg)	317.5	14.80	1.60	181	5.20	38.10	75.500.000	237.800
1855	1838	17	Canal latéral à la Garonne (de Toulouse à Castets) avec embranchements	210.6	17.60	2.20	72	6.00	55.50	62.600.000	297.200
1860	1840	20	Canal de l'Aisne à la Marne (de Berry-au-bac à Condé-sur-Marne)	58.1	15 »	1.65	24	5.20	37 »	20.750.000	357.100
1864	1861	3	Embranchement de Colmar	13.3	15.40	1.50	1	5.25	30.30	1.853.000	139.300
1866	1861	5	Canal latéral à la Sarre (de Sarrebourg à Sarreguemines)	75.6	15 »	1.80	30	5.20	38.10	16.040.000	212.000
			TOTAUX	2360.8						433.524.000	183.600

Plus on approche du présent, plus la dépense tend à s'élever. Les cinq dernières lignes réunies donnent une moyenne de 261,800 fr. par kilomètre.

Par suite des travaux engagés depuis 1870, la plupart des chiffres du tableau ci-dessus vont encore s'augmenter assez notablement, pour les canaux de Bourgogne et du Nivernais (si les estimations ne sont pas dépassées), de 30 0/0; pour le canal des Ardennes et celui du Rhône au Rhin, de 40 0/0.

Voici maintenant les prévisions de dépenses pour les canaux votés depuis la guerre, avec les chiffres rectifiés conformément aux indications contenues dans le projet du budget de 1887.

Estimations des canaux nouveaux

DÉSIGNATION DES CANAUX	Longueur	DÉPENSES PRÉVUES			
		PRIMITIVEMENT		RECTIFIÉES	
		totales	par kilom.	totales	par kilom.
	kilom.	fr.	fr.	fr.	fr.
Canal de l'Est (ouvert)					
Branche nord, Meuse canalisée.	274	54.230.000	197.900	exécutée de 1874-1880	
Branche sud, à point de partage.	174	48.720.000	280.000	— de 1874-1882	
ENSEMBLE	448	102.950.000	229.800		
En construction ou à construire :					
Embranchement de Saint-Dizier à Wassy.	21	4.800.000	228.600	5.100.000	243.000
Canal à point de partage de Montbéliard à Conflandry	82	22.000.000	268.300	35.000.000	426.000
Canal latéral à la Meurthe, de Dombasle à Saint-Dié	70	20.000.000	285.900	pas commencé	
Canal à point de partage de Donjeux à Pontailler	151	44.000.000	291.400	66.000.000	437.000
Canal de la Chiers, de Sedan à Longwy	85	27.000.000	317.700	pas commencé	
Canal à point de partage de l'Oise à l'Aisne	47	15.000.000	319.200	30.000.000	638.000
Canal à point de partage de l'Escaut à la Meuse.	141	67.000.000	475.100	pas commencé	
Canal du Havre à Tancarville	25	19.500.000	780.000	20.150.000	806.000
ENSEMBLE	622	219.300.000	352.600		

Pour les canaux en construction, les augmentations de dépense reconnues dès aujourd'hui s'élèvent donc en moyenne à 48 0/0 des prévisions primitives contenues dans les lois.

Le canal de l'Est, de son côté, n'est pas encore complètement terminé. Au réservoir de Bouzay, d'une capacité de cinq millions de mètres cubes, il reste des travaux importants à exécuter, importants au point de vue de la navigabilité sinon de la dépense. Je l'ai visité en 1885 et, à cette époque, il n'avait encore pu être rempli qu'à 2,800,000 mètres cubes, par suite d'un mouvement dans le mur de barrage.

FLEUVES ET RIVIÈRES

M. Lucas a aussi relevé les dépenses faites pour la canalisation des rivières. En divisant celles-ci en trois catégories, selon l'importance de leur tonnage, je suis arrivé aux moyennes suivantes :

RIVIÈRES CANALISÉES	Longueur	DÉPENSES FAITES jusque fin 1870	
		totales	par kilom.
	kilom.	fr.	fr.
IIIe CATÉGORIE			
Tonnage moyen inférieur à . . . . . 10.000 t.	613.1	31.750.000	51.800
IIe CATÉGORIE			
Tonnage moyen de . . . . 10.000 à 100.000 t.	1094.1	53.710.000	49.100
Ire CATÉGORIE			
Tonnage moyen supérieur à . . . . 100.000 t.	1587.0	169.482.000	106.800
ENSEMBLE.	3294.2	254.942.000	77.400

Si l'on songe que, aujourd'hui encore, les routes nationales ont en moyenne conservé un tonnage de près de 40,000 tonnes, on pensera peut-être que des voies navigables, dont les unes ne transportent pas 100,000 tonnes et les autres pas même 10,000 tonnes par an, ne méritent plus guère d'attention comme lignes de transport; 52 0/0 de nos fleuves et rivières navigables sont dans ce cas.

Quant aux autres, de la première catégorie, d'une longueur totale de 1,587 kilomètres, dont le tonnage dépasse 100,000 tonnes, voici la répartition détaillée de la dépense :

Dépenses faites pour la canalisation des rivières.

BASSINS	DÉSIGNATION des rivières	SECTIONS	LONGUEURS	TONNAGE en 1882	PROFONDEUR		ÉCLUSES			DÉPENSE EFFECTUÉE jusque fin 1870	
					normale	minima	nombre	largeur	longueur	totale	par kilomètre
			kilom.	tonnes	mètres	mètres		mètres	mètres	francs	francs
mer du Nord	l'Aa	de Saint-Omer à Gravelines. . . .	29 3	646.600	2 »	2 »	1	5 20	42 »	4.300.000	146.700
l'Escaut	l'Escaut	de Cambrai à frontière belge . . .	63 1	1.367.700	2 »	2 »	16	5 20	38 »	6.500.000	103.000
	la Lys	d'Aire à la Deule.	53 »	140.500	2 »	1 50	6	5 20	37 »	3.400.000	64.200
	la Scarpe	d'Arras au fort de la Scarpe. . . .	30 8	304.000	1 60	1 50	12	4 50	33 20	2.000.000	64.900
		du fort de la Scarpe à la front. belge	36 1		1 65	1 65	6	5 20	42 »	2.220.000	61.500
la Meuse	la Sambre	de Landrécies à la frontière belge. .	54 4	393.501	2 »	2 »	9	5 10	41 60	3.000.000	55.100
la Seine	la Seine	de Marcilly par Montereau à Paris.	181 5	27.600 984.500	1 50	0 80	20	7 70	44 »	17.700.000	97.500
		la traversée de Paris	12 8	1.464.200	2 »	2 »	1	12 »	120 »	12.200.000	953.100
		de Paris à Rouen.	235 5	699.000	2 »	1 10	8	10 »	105 »	26 700.000	113.400
		de Rouen à la mer	125	1.479.400	»	2 »	»	»	»	12.500.000	100.000
	l'Oise	de Janville à la Seine.	104 2	1.608.900	2 »	2 »	7	8 »	51 »	2.762.000	26.500
	l'Aisne	de Condé-sous-Vailly à l'Oise . .	56 5	596.400	1 60	1 60	7	8 »	51 »	3.200.000	56.600
	la Marne	de Dizy à la Seine	178	181.700	1 60	1 60	22	5 20	33 70	24.000.000	134.800
	l'Yonne	d'Auxerre à la Seine	112 8	140 900 301.200	1 60	0 80	20	8 30	101 »	16.000.000	142 800
le Rhône	la Saône	de Ray au Rhône.	314	32.200 234.200	1 60	0 80	17	5 20	35 »	33.000 000	105.100
		Ensemble.	1587							169.482.000	106.800

On voit que les rivières canalisées ont, en général, beaucoup moins coûté, par kilomètre, que les canaux ; mais, par contre aussi, leur navigabilité est, en général, beaucoup moins parfaite. Les chiffres qui précèdent n'ont, du reste, pour ainsi dire plus qu'une valeur historique, car par suite des travaux, soit exécutés depuis 1870, soit en cours d'exécution, ils subiront aussi des augmentations considérables.

Ce qui malheureusement constituera toujours une infériorité du réseau navigable français, c'est que les fleuves, pour la jonction desquels le réseau des canaux a été imaginé et exécuté et qui sembleraient devoir en être les artères principales, en ont formé jusque dans ces derniers temps les principales lacunes.

La Loire, dans sa partie supérieure, a dû être remplacée par des canaux latéraux et, dans sa partie moyenne, elle ne transporte (1884) que 7,200 tonnes.

La Garonne est flanquée d'un canal latéral dans tout son parcours non accessible aux marées et ne transporte plus elle-même que 37,000 tonnes, à la descente.

Le tonnage du Rhône est réduit à 42,400 tonnes en amont et à 189,800 tonnes en aval de Lyon.

Ces fâcheuses conditions tiennent, comme tout le monde sait, aux pentes et aux crues qui désolent la plus grande partie de ces fleuves et de leurs affluents. J'ai cherché à chiffrer ces inconvénients et ai réuni les résultats dans le tableau suivant, auquel vous ne refuserez pas votre indulgence, si je vous rappelle qu'il a été dressé à Vienne. Nous le comparerons tout à l'heure aux données analogues relatives aux fleuves allemands et autrichiens :

Pentes et débits des cours d'eau français.

DÉSIGNATION des cours d'eau	VILLES ET AUTRES POINTS de repère sur leur parcours	DISTANCES	PENTE par kilomètre	DÉBIT PAR SECONDE* à l'étiage	aux hautes eaux	rapport
		kil.	m.	m. c.	m. c.	
Escaut	De Cambrai à la frontière belge	63	0.47			
Lys	D'Aire à la Deule	53	0.15			
Sambre	De Landrécies à la frontière belge	54	0.21			
Yonne	Auxerre (Canal du Nivernais)					
		27	0.66	13	500	1:38
	La Roche (Canal de Bourgogne)					
		93	0.34	17	1000	1:60
	Confluent de la Seine à Montereau					
Marne	Dizy (Canal latéral à la Marne)					
	Château-Thierry	171	0.16	8	950	1:119
	Lagny					
		23	0.20			
	Joinville-Saint-Maur			14	1500	1:107
		13	0.30			
	Saint-Maurice					
		4	0.55			
	Seine (Confluent)					
Aisne	Condé (Canal latéral à l'Aisne)					
		57	0.17			
	Oise (Confluent)					
Oise	Janville			4.5		
	Confluent de l'Aisne					
		104	0.13	19		
	Confluent de la Seine près de Conflans					
Seine	Marcilly (Confluent de l'Aube)					
		89	0.23	10	300	1:30
	Montereau (Confluent de l'Yonne)					
		98	0.19	27	1300	1:48
	Paris			90**	3300	1:37
		242	0.10			
	Rouen					
		105	0.05			
	Embouchure					

(*) N. B. Les débits indiqués se rapportent, suivant la position des chiffres, tantôt aux sections entières, tantôt aux points de passage indiqués.
(**) En 1858, année exceptionnelle. 48 mètres cubes seulement.

DÉSIGNATION des cours d'eau	VILLES ET AUTRES POINTS de repère sur leur parcours	DISTANCES	PENTE par kilomètre	DÉBIT PAR SECONDE à l'étiage	aux hautes eaux	rapport
Loire	Roanne (extrémité d'amont du canal latéral)	kilom	m.	m. c.	m. c. *	
	Digoin (embr^e du canal du Centre.) .	178	0.58			
	Decize (Canal du Nivernais).					
	Allier (Confluent).	95	0.45	30	9000	1:300
	Briare (embouch. du canal de Briare			40	8660	1:216
	Orléans (embouchure du canal	83	0.41			
	d'Orléans)			45	7500	1:167
		141	0.37			
	Cher (Confluent)	50	0.28			
	Saumur			103	6390	1:61
		42	0.19			
	Ponts-de-Cé, près d'Angers.. . . .			110	6100	1:55
		139	0.11			
	Embouchure.			130	6100	1:20
Saône	Port-sur-Saône (extrémité du canal	116	0.77			
	de l'Est).			8	1200	1:150
	Ray.	82	0.26			
	Gray.			15	1500	1:100
	Pontailler (embouchure du canal de la Marne à la Saône).					
	S.-Symphorien (C. du Rhône au Rhin)	115	0.14			
	St-Jean-de-Losne (C. de Bourgogne)					
	Verdun (Confluent du Doubs) . . .					
	Châlon-sur-Saône (canal du Centre).	131	0.04	40	3000	1:75
	Trévoux **.					
	Lyon (Confluent de la Saône et du	35	0.20			
	Rhône)			60	4000	1:66
Rhône		283	0.55	235	8000	1:34
	Arles			500	13900	1:28
		48	0.05			

(*) Les débits des hautes eaux se rapportent aux crues de 1856, les plus hautes connues. La diminution de la hauteur des crues vers l'aval a été déjà signalée itérativement.

(**) De Gray à Trévoux (246 kil.) la Saône passe pour être la plus belle rivière navigable de la France. Par suite d'une anomalie rare, la pente s'accentue de nouveau en aval de Trévoux (Saint-Bernard) et de Lyon.

DÉSIGNATION des cours d'eau	VILLES ET AUTRES POINTS de repère sur leur parcours	DISTANCES	PENTE par kilomètre	DÉBIT PAR SECONDE à l'étiage	aux hautes eaux	rapport
		kilom.	m.	m. c.	m. c.	
Garonne	Toulouse.			37	4800	1:133
		84	0.61			
	Moissac (Confluent du Tarn). . . .					
		84	0.60		8500	
	Aiguillon (Confluent du Lot). . . .					
		70	0.31			
	Castets (Extrémité d'aval du Canal latéral).			86	7500	1:88
		54	0.04			
Gironde	Bordeaux					
		100	0.02			
	Embouchure					

CHÔMAGES NATURELS

Mais si leurs conditions de pente et de débit constituent une certaine infériorité pour nos voies navigables, celles-ci reprennent l'avantage au point de vue des chômages naturels, grâce au climat éminemment favorable de la France. Les chômages naturels n'étant pas indiqués dans la statistique officielle, voici les quelques données que j'ai pu réunir :

Sur la Seine, les interruptions dues aux glaces ne durent en moyenne que six à sept jours par an ; sur le canal du Centre (bief de partage à 301^{m} d'altitude), la moyenne de vingt années est de un mois. (Enquête de 1874.)

Sur le canal de la Marne au Rhin l'interruption dure en moyenne, savoir :

A son origine, près Vitry-le-François (100^{m} d'alt.)	4	à	5	jours.
Au bief de partage de Mauvages (281^{m} d'altitude)	8	»	10	—
Sur la descente de Mauvages à Toul.	4	»	5	—
De Toul à Nancy (200^{m} d'altitude)			20	—
Vers la nouvelle frontière (235^{m} d'altitude). .			30	—

La singularité de ces chiffres s'explique par cette circonstance que le bief de partage de Mauvages et les branches adjacentes sont alimentées par des sources et cours d'eau relativement chauds, notamment par l'Ornain, petite rivière qu'on y fait passer en entier pendant les gelées. A l'est de Toul, les prises d'eau sont faites dans la Moselle et la Meurthe, dont les eaux ont le temps de se refroidir dans leur long parcours.

L'administration alsacienne m'a fourni des données fort complètes, faisant suite aux précédentes, pour les années 1878-1884. J'en ai déduit les moyennes suivantes :

Canal de la Marne au Rhin

Près de Lagarde (frontière), interruption de	36 jours.
A Niederwiller (bief de partage, 262m d'altitude)	52 —
De Lutzelbourg (212m) à Hochfelden (156m d'alt.)	48 —
A Vendenheim (plaine du Rhin, 140m d'altitude)	40 —

Canal du Rhône au Rhin

Au bief de partage (345m d'alt.) moyenne de 7 ans	39 —

En nous enfonçant davantage vers l'Est, nous trouvons, d'après une loi bien connue, des chiffres de plus en plus élevés.

Sur le Danube (à l'altitude de 100 à 250m) l'interruption de la navigation par les glaces a été de 1867-1876 au minimum de 31 jours, au maximum de 116, en moyenne de 69 jours.

Sur le Ludwigskanal (canal bavarois du Danube au Mein), avec son bief de partage à 418m d'altitude, le chômage dure de 90 à 112, en moyenne 100 jours.

Pour les canaux prussiens on ne compte en moyenne que 250 jours de navigation, soit 115 jours de chômage. Vous voyez quelle énorme supériorité cela constitue pour les canaux français!

Mais arrivons au chapitre le plus important, selon moi, au chapitre des services économiques rendus, au trafic des voies navigables de la France.

TRAFIC DES VOIES NAVIGABLES DE LA FRANCE

A entendre certains partisans d'outre-Rhin de la navigation, on croirait vraiment :

Que la richesse des nations doit se mesurer au nombre de leurs écluses ;

Que le trafic naît pour ainsi dire spontanément sur les rives de tout nouveau canal ;

Que les chemins de fer sont incapables de remuer des masses aussi considérables que les canaux ;

Que s'il y a par le monde quelques exceptions, au détriment des canaux, cela tient à ce que les canaux en question sont trop courts ou d'un trop petit calibre;

Que dans la France contemporaine, les voies navigables font presque tout, les routes et chemins de fer presque rien !

Pour faire justice de ces assertions téméraires, il suffit de presser quelque peu les chiffres de la statistique officielle. Je vous demande la permission de conserver, en général, les chiffres relatifs à 1882, attendu que, si, à la vérité, il y a eu une légère augmentation en 1883 et 84, cette augmentation a été reperdue en 1885.

En 1882, la navigation intérieure s'est étendue sur 7,580 kilomètres de fleuves et rivières et y a effectué 1,050,767,000 tonnes kilométriques, donnant un tonnage moyen de 138,624 tonnes. Si l'on divise ces cours d'eau en catégories correspondant à l'importance de leur tonnage, on trouve :

Tonnage des fleuves et rivières.

LONGUEUR EXPLOITÉE kilom.	0/0	IMPORTANCE DU TONNAGE	TONNES kilométriques	TONNAGE moyen
42	0.6	Tonnage supérieur à 2 000,000	87,940,000	2,093,800
217	2.8	— de 1,000,000 à 2,000,000	337,005,000	1,553,000
327	4.3	— de 500,000 à 1,000,000	240,152,000	734,400
1331	17.6	— de 100,000 à 500,000	294,417,000	221,200
5663	74.7	— inférieur à 100,000	91,253,000	16,100
7580	100.0		1,050,767,000	138,624

En faisant le même classement pour les canaux, j'ai trouvé :

Tonnage des canaux.

34	0.8	Tonnage supérieur à 2,000,000	70,882,000	2,084,800
130	2.7	— de 1,000,000 à 2,000,000	220,741,000	1,698,000
552	11.9	— de 500,000 à 1,000,000	349,258,000	632,700
2305	49.6	— de 100,000 à 500,000	503,739,000	218,500
1629	35.0	— inférieur à 100,000	69,199,000	42,480
4650	100 0/0		1,213,819,000	261,036

Retenant toujours que le tonnage moyen d'une route nationale est de 40,000 tonnes environ, nous avons donc 5,663 kilomètres de rivières, c'est-à-dire près des 3/4 de tous nos fleuves et rivières navigables qui ne transportent, en moyenne, que le tiers d'une route nationale; et nous avons 1,629 kilomètres de canaux, plus du tiers du réseau total, dont le tonnage est sensiblement égal à celui d'une route.

N'est-il pas permis de dire que si c'était à recommencer aujourd'hui, on n'appliquerait plus à ces rivières et à ces canaux les sommes qu'on y a affectées et que bien certainement on a eu raison d'y affecter jadis?

Le trafic total des canaux et rivières se répartit de la façon suivante entre les dix classes de marchandises de la classification officielle :

Classification des marchandises.

	CLASSES DE MARCHANDISES	ANNÉE 1882			ANNÉE 1884		
		Quantités transportées		Parcours moyen	Quantités transportées		Parcours moyen
		tonnes effectiv.	0/0	kilom.	tonnes effectiv.	0/0	kilom.
1	Combustibles minéraux . . .	4.873.116	23.7	159	5.160.332	25.3	171
2	Matériaux de construction minéraux.	8.308.998	40.4	63	7.836.465	36.9	63
3	Engrais et amendements. . .	1.121.456	5.4	34	1.194.104	5.4	44
4	Bois à brûler et bois de service	1.350.173	6.6	146	1.444.432	7.1	139
5	Machines.	35.009	0.2	220	51.563	0.3	284
6	Industrie métallurgique . .	1.283.340	6.2	171	1.389.568	6.6	157
7	Produits industriels.	392.274	1.9	195	466.681	2.6	190
8	Produits agricoles et denrées alimentaires	2.476.467	12.0	127	2.615.533	12.2	142
9	Divers	289.010	1.4	132	294.078	1.5	173
—	Bois flottés de toute espèce. .	459.446	2.2	154	296.207	2.1	130
	Totaux. . . .	20.589.289	1000	110	20.848.963	100.0	117

Ainsi, les marchandises embarquées en France ne parcourent en moyenne que 110 à 117 kilomètres; et dans l'Est de l'Europe on voudrait créer des canaux en vue de transports à effectuer de la mer Noire à la Baltique, sur un parcours de près de 3,000 kilomètres!

Des dix classes de marchandises, trois seulement ont une véritable importance, savoir : la 1re, combustibles minéraux ; la 2e, matériaux de construction ; et la 8e, produits agricoles, formant ensemble les 3/4 du trafic total.

La France consomme annuellement environ 28 millions de tonnes de houille, dont 8 importées de l'étranger. Une partie de la produc-

tion se consomme sur place, le reste est embarqué dans la proportion de 28 0/0 sur les voies navigables et de 72 0/0 sur les chemins de fer. La part de la navigation n'atteint pas 5 millions de tonnes de charbon. Les plus forts transports s'effectuent : sur le canal latéral à l'Oise (1,353,000 tonnes), sur celui de Saint-Quentin (1,173,000 tonnes), sur l'Oise (1.052,000 tonnes). A vrai dire, ces trois voies navigables desservent un seul et même courant de transports.

Les matériaux de construction s'expédient surtout sur Paris. Les plus forts tonnages se voient sur la Seine, de Corbeil à Paris (1,228,000 tonnes), sur le canal latéral à l'Oise (288,000 tonnes), le canal Saint-Martin (281,000 tonnes). Leur parcours moyen ne dépassant pas 63 kilom., j'ai voulu savoir si dans le service de la ville de Paris, pour l'entretien des chaussées pavées et empierrées, les distances de transport par eau n'étaient pas notablement supérieures. Le directeur de ce service a eu l'obligeance de me donner une réponse très détaillée où se trouve ce passage significatif : « Les » matériaux de pavage et d'empierrement arrivent à Paris principalement par chemin de fer; le transport par bateaux est rare; » il n'a lieu que pour les pavés d'arkose et pour quelques pavés » belges, qui sont transportés indifféremment par les voies navigables » ou par voie ferrée, les prix de transport du chemin du Nord étant » peu différents de ceux du transport par bateaux. En outre, l'administration municipale donne la préférence aux matériaux transportés par chemin de fer, parce que les fournitures arrivent plus » vite et plus régulièrement, et qu'elles ne sont pas gênées par le » manque d'eau, les glaces et le chômage (administratif) des canaux. »

Quant aux produits agricoles, leurs plus forts tonnages se rencontrent sur la Seine entre Rouen et Paris (300 à 380,000 tonnes) et sur quelques canaux flamands (200 à 240,000 tonnes). La statistique ne distingue pas les vins et bières des grains, etc.

Maintenant, comparons le tonnage des voies navigables avec celui des chemins de fer, dans les principales directions, pour l'année 1882.

Dans le Nord, le canal de Saint-Quentin montre un tonnage de 1,810,000 tonnes ; le chemin du Nord, sur ses deux branches parallèles, 2,163,000 + 1,981,000 = 4,144,000, soit 2. 3 fois autant que la voie navigable.

Entre Paris (Conflans) et Rouen, le tonnage de la Seine est de

699,100 tonnes ; celui du chemin de fer de 1,556,800 tonnes, c'est-à-dire 2.2 fois plus fort.

Dans l'Est, le canal de la Marne au Rhin transporte 540,400 tonnes ; le chemin de fer parallèle 1,011,000 tonnes, soit 1,9 fois autant.

Entre Paris et Lyon, le canal de Bourgogne transporte 141,900, le canal du Centre 416,300, ensemble 558,200 tonnes ; le chemin principal de Paris à Lyon, à lui seul, 1,746,000 tonnes, plus de trois fois autant.

Entre Cette et Toulouse, le canal du Midi transporte 124,400 tonnes ; le chemin de fer 1,376,700 tonnes, c'est-à-dire plus de onze fois autant ; entre Toulouse et Bordeaux, le canal 120,700 tonnes, le chemin de fer 753,400 tonnes, plus de six fois autant.

Enfin, dans la France entière, le travail total des voies navigables

a été de.	2,265	millions de tonnes kilom.
Celui des chemins de fer de	10,985	— — —
Total. . . .	13,250	— — —

La part des voies navigables dans la somme de ces transports n'a donc été que d'un sixième (exactement 17 0/0) !

Pour clore ce chapitre, laissez-moi encore appeler votre attention spéciale sur le canal du Berry et sur celui de l'Est.

Pour capter l'opinion publique, mes terribles contradicteurs d'outre-Rhin chantent volontiers les louanges du réseau navigable français ; mais quand on leur objecte que ce réseau semble avoir perdu une bonne part de sa vertu attractive du trafic, ils répondent : qu'il n'y a rien d'étonnant à cela, parce que nos écluses n'ont généralement que 5^m20 de largeur et 38^m50 de longueur. Par suite, nos voisins, qui veulent faire grand, projettent des écluses de 7^m et même de 8^m60 de largeur sur 57^m50 de longueur utile, comme vous le savez déjà par l'intéressante communication que nous a faite M. Fleury sur le récent congrès de navigation de Vienne. Il me semble que l'expérience du canal du Berry est de nature à réduire à leur juste valeur ces espérances optimistes.

Le canal du Berry que j'ai déjà cité pour son fret exceptionnellement bas, est ou était du moins jusque dans ces derniers temps à petite section, avec des écluses de 2^m70 de largeur et de 27^m75 de longueur, et présentait, en outre, une alimentation fort insuffi-

sante. Cela ne l'a pas empêché de se créer et de maintenir sur sa branche principale, de Montluçon à Marseille (bifurcation du canal latéral à la Loire), longue de 119 kilom., un tonnage moyen :

En 1882 de 509,270 tonnes
1883 606,000 —
1884 515,000 —

tandis que le canal du Midi avec ses écluses de 6m00 de largeur n'en avait que 124,400 en 1882, et 64,800 en 1884, preuve expérimentale de cette vérité de bon sens que le trafic des canaux dépend moins des conditions techniques de leur établissement, que des conditions économiques générales où ils se trouvent placés.

Quant au **canal de l'Est,** le seul grand canal français livré à la circulation depuis la guerre, voici son tonnage moyen :

ANNÉES	BRANCHE NORD 274 kilom.	BRANCHE SUD et embranchements 199 kilom.	Les deux BRANCHES RÉUNIES 473 kilom.
	t.	t.	t.
1881	74.185	18.861	50.850
1882	77.235	19.401	52.903
1883	109.617	37.945	79.463
1884	159.569	79.988	126.086

Rapprochons de ce tonnage le coût du canal qui s'établit approximativement comme suit :

Estimation primitive.	65	millions.
Crédit supplémentaire.	31.80	—
Ensemble.	96.80	—
dont pour la section enclavée du canal de la Marne au Rhin.	—2.25	—
Reste.	94.55	—
Travaux antérieurs entre Givet et Sedan.	8.40	—
Coût du canal de l'Est.	102.95	millions

chiffre qui, d'après le projet du budget pour 1887, semblerait encore devoir être dépassé.

Le kil. du canal de l'Est ressort donc à $\frac{102.950.000}{448} = 229,800$ fr.

En supposant un taux d'emprunt de 4 0/0 et des frais d'entretien de 1,400 fr. par kilomètre, le Trésor public a donc supporté pour chaque tonne kilométrique qui a utilisé le canal en 1884, une charge de :

$$\frac{229.800 \times 0.04 + 1.400}{126.086} = 8^{\text{r}}.4$$

Il est probable que, si l'État avait offert à la Compagnie de l'Est le tiers seulement de cette dépense, ladite Compagnie eût transporté gratis les marchandises qui ont passé sur le canal, où elles ont certainement payé plus de 1 centime de fret.

On doit espérer que le tonnage du canal de l'Est augmentera par la suite et que la charge du Trésor par tonne kilométrique diminuera en proportion, mais d'après les relevés provisoires publiés par le Bulletin des travaux publics, cette augmentation se fait attendre. Car pour 1885 il paraît y avoir une diminution de trafic de 11 0/0 par rapport à 1884, diminution rachetée en partie par une augmentation en 1886. Pour le moment on n'a donc que 126,000 tonnes au lieu des 600,000 tonnes qu'on avait fait espérer pour le début de l'exploitation du canal de l'Est.

Et si de pareils résultats se produisent sur un canal qui ne coûte que 229,000 fr. par kilomètre, à quoi ne sera-t-on pas exposé sur les canaux actuellement en construction, évalués dès à présent à 430,000 et même 630,000 fr. par kilomètre, et dont le plus important sera lui-même en concurrence avec le canal de l'Est?

Voies navigables de la Prusse.

LES FLEUVES ALLEMANDS

En Allemagne, à l'inverse de la France, ce sont les cours d'eau naturels qui, jusqu'à présent, jouent le rôle prépondérant dans la navigation intérieure. La Prusse seule possédait en 1883 6,169 kilomètres de fleuves et rivières navigables, contre 1,070 kilomètres seulement de canaux.

Pour nous convaincre sommairement combien nos fleuves ont été peu favorisés par la nature en comparaison des autres, supposons que nous remontions chacun d'eux à partir de son embouchure et qu'arrivés à l'altitude de 100^{m}, nous mesurions la distance parcourue. Nous trouverons ainsi approximativement :

N° d'ordre	DÉSIGNATION des fleuves	L'ALTITUDE DE 100^{m} SE TROUVE :	DISTANCE de l'embouchure
			kilom.
1	Rhône.	près de Valence	215
2	Garonne.	en aval de Toulouse.	360
3	Loire.	à 2 kil. en amont d'Orléans	398
4	Wéser.	à 8 kil. en amont de Karlshafen	399
5	Oder.	à 43 kil. en aval de Breslau.	524
6	Seine.	en amont de Marcilly	556
7	Rhin.	au droit de Karlsruhe	621
8	Elbe.	à 23 kil. en aval de Dresde.	662
9	Danube.	à Gross-Maros, à 47 kil. en amont de Pesth .	1.725

Voici, du reste, pour les fleuves allemands, les tableaux détaillés analogues à ceux déjà produits pour les fleuves français :

Pentes et profondeurs des fleuves allemands.

VILLES ET AUTRES POINTS DU PARCOURS	DISTANCE de l'embouchure	ALTITUDE	PENTE par kilomètre	TIRANT D'EAU EN TEMPS ORDINAIRE	
				avant 1877	réalisé ou projeté depuis 1877
	kilom.	m.	m.	m.	m.
Rhin.					
Basle	824	245.53			
			0.86		
Strasbourg	697	136.31			
			0.35		
Manheim (Ludwigshafen)	566	90.29			
			0.11	1.30 à 1.50	
Mayence	493	82.48			
			0.26		2.50
St. Goar	436	67.37			
			0.19		3.00
Coblence	401	60.56			
			0.23	2.00 à 3.00	
Cologne	306	38.64			
			0.15		3.50
Emmerich (fr^re^ hollandaise)	143	12.54			
			0.08		
Rotterdam	0	—0.23			
Ems.					
Rheine	265	28.92			
			0.11	1.00	1.20
Embouchure près Borkum	0	0			
Wéser.					
Münden	436	117.48			
			0.39	1.00	1.20
Minden	232	38.28			
			0.21	1.20	1.50
Brême	70	3.36			
			0.05	2.30	
Brêmerhafen	0	0			
Elbe.					
Melnik	847	156.42			
			0.32		
Aussig	775	133.69			
			0.29		
Dresde	685	106.97			
			0.23	1.50	1.80
Confluent de la Saale	441	49.95			
			0.19	1.70	2.00
Wittenberge	275	18.15			
			0.13	2.00	2.30
Lauenbourg	160	3.50			
			0.02		
Couxhafen	0	0			

VILLES ET AUTRES POINTS DU PARCOURS	DISTANCE de l'embouchure	ALTITUDE	PENTE par kilom.	TIRANT D'EAU EN TEMPS ORDINAIRE avant 1877	réalisé ou projeté depuis 1877
	kilom.	m.	m.	m.	m.
Oder.					
Frontière autrichienne . . .	812	195.53	0.32		
Oppeln	669	149.34	0.33		
Breslau	568	116.02	0.28	1.00	1.50
Küstrin	205	12.38	0.14	1.00	2.00
Schwedt.	126	1.04	0.01	3.00 à 5.00	
Stettin	72	0.48	0.01		
Swinemünde.	0	0			
Danube.					kilomètres
Ulm.	2.630	490.40	0.63	sur	130
Ingolstadt.	2.500	408.84			
Kehlheim	2.457		0.68	»	75
Ratisbonne	2.425	357.62	0.42	»	154
Passau	2.271	293.16	0.46	»	91
Lintz.	2.180	251.44	0.45	»	209
Vienne, pont du Tabor . . .	1.971	156.40			
Theben, confl^t de la March.	1.923	134.75			
Pressbourg	1.911	130.40	0.20	»	293
Gross-Maros	1.725	99.98			
Pesth.	1.678	96.35	0.06	»	450
Slankamen, confl^t de la Theiss.	1.228	68.97			
Orsova	967	42.58	0.05	»	1228
Portes de Fer	955	35.60			
Bouche de Sulina	0	0			

Pour faciliter les comparaisons, j'ai compris dans ce tableau le fleuve autrichien par excellence, le Danube.

En comparant ces pentes avec celles des fleuves français, on s'aperçoit aisément combien celles-ci sont plus défavorables. Des

pentes maxima de $0^m,23$ et de $0^m,26$ comme sur le Rhin jusqu'à Manheim, sur 566 kilomètres, et sur l'Elbe jusqu'à Dresde, sur 685 kilomètres, ne se retrouvent en France que sur la Seine jusqu'à Marcilly et sur la Saône entre Lyon et Port-sur-Saône. Une pente moyenne de $0^m,37$, qu'on rencontre sur la Loire aussitôt qu'on a dépassé l'embouchure du Cher près de Tours, à 231 kilomètres de son embouchure, ne se retrouve sur les fleuves prussiens que sur le cours supérieur du Wéser, à plus de 300 kilomètres de la mer. Et la pente de $0^m,31$ qui commence sur la Garonne, à 54 kilomètres de Bordeaux, n'apparaît sur l'Elbe qu'en Bohême, à 775 kilomètres, et sur l'Oder qu'en amont de Breslau, à 568 kilomètres de l'embouchure. Enfin, un chiffre analogue à celui du Rhône, qui à partir de Lyon, sur près de 300 kilomètres, se précipite vers la mer avec une pente moyenne de $0^m,55$ par kilomètre, un tel chiffre ne se retrouve en Allemagne que sur le Rhin, en amont de Strasbourg, c'est-à-dire du côté de la Suisse.

Et notons que si en Allemagne les pentes sont généralement meilleures, il en est de même de la régularité des débits. Tandis qu'en France le débit des hautes eaux est souvent de 50 à 100 fois plus fort que le débit d'étiage, et que cette proportion atteint pour la Loire 1 : 300, ce même rapport descend pour le Rhin, par exemple, à 1 : 14 près de Bâle, et à 1 : 7 à la frontière hollandaise.

Dans de pareilles conditions, de puissants remorqueurs peuvent circuler sur les fleuves allemands, sans le secours d'aucun barrage, d'aucune écluse, et la navigation intérieure, en général, ne pouvait manquer de prendre un grand essor sur tout le versant de la mer du Nord et de la Baltique. Cherchant l'étendue effective de la navigation sur les différents réseaux naturels, plus ou moins perfectionnés par l'art, j'ai trouvé, à l'exclusion des canaux :

Mer du Nord	Bassin du Rhin	2.230	kilomètres.
	— de l'Ems	370	—
	— du Wéser	910	—
	— de l'Elbe	2.080	—
Baltique	— de l'Oder	1.310	—
	— de la Vistule	320	—
	— du Prégel et — du Niémen (Mémel)	550	—
	Total	7.770	—

HISTORIQUE DES CANAUX PRUSSIENS

Comme les huit bassins en question ne sont séparés que par des faîtes imperceptibles ou peu élevés, la pensée de les réunir par des canaux ne pouvait pas ne pas se présenter. Aussi les princes prussiens, toujours avisés, y ont de bonne heure porté leur attention.

Dès 1548, ils songèrent à un canal de jonction entre l'Elbe (Sprée) et l'Oder ; mais l'œuvre ne fut sérieusement entreprise qu'en 1662 et terminé en 1669. Ce canal, appelé tantôt du nom de Frédéric-Guillaume, tantôt de Müllrose (ville située sur son parcours), sert encore aujourd'hui de communication entre Berlin et l'Oder, le fleuve silésien. Long de 23 kilomètres seulement, il joint les bassins de deux mers. Il part de la Sprée et s'élève, au moyen d'une écluse unique au bief de partage, placé dans une tranchée, à l'altitude de 42 mètres. Il y trouve son alimentation par simple infiltration des forêts marécageuses voisines et descend vers l'Oder, qu'il atteint, au moyen de huit écluses (primitivement en charpente), en amont de Francfort, à l'altitude de 22 mètres.

Une seconde jonction entre l'Elbe (Havel) et l'Oder fut établie par Frédéric le Grand, de 1740 à 1746, au moyen du canal dit de Finow. Ce canal quitte la Havel un peu en aval de Liebenwalde et atteint l'Oder près de Hohensaaten, après un parcours de 58 kilomètres. Le faîte séparatif, à l'altitude de $39^{m},50$, est si déprimé que l'alimentation se fait par la Havel. La descente vers l'Oder, qu'il atteint à l'altitude de $2^{m},85$, s'opérait primitivement par 9 écluses, nombre augmenté depuis.

Une troisième fort importante communication navigable fut exécutée sous Frédéric le Grand : le canal de Bromberg, long de 26 kilomètres et demi seulement, qui réunit la Haute-Netze, affluent navigable de l'Oder, à la Brahe, tributaire navigable de la Vistule. Le canal en question part de la Netze, près de Nackel, à l'altitude de $50^{m},47$, s'élève au moyen de 2 écluses au bief de partage, complètement ouvert dans une tourbière, sur 16,200 mètres de longueur et à l'altitude de $59^{m},10$, et redescend à l'aide de 7 écluses vers la Brahe, qu'il atteint près de Bromberg, à l'altitude de $32^{m},50$.

Comme, d'autre part, en profitant des deux Haffs, la Vistule avait pu sans difficulté être mise en communication avec le Prégel et le Niémen, il existait, dès 1774, un réseau de navigation intérieure entre les villes de Mémel, Kœnigsberg, Dantzick, Varsovie, Stettin, Francfort-sur-l'Oder, Breslau, Berlin, Dresde et Hambourg, le tout au moyen d'une centaine de kilomètres de canaux artificiels.

La navigation intérieure étant ainsi appelée à un très grand rôle dans la monarchie prussienne, il va sans dire que, depuis, d'autres canaux, soit latéraux, soit à point de partage, qu'il serait sans intérêt d'énumérer ici, furent successivement exécutés. Bornons-nous à dire que leur longueur totale s'élevait en 1883 à 1,070 kilomètres et que, de 1873 à 1883, une somme de 190 millions de francs a été consacrée à l'amélioration progressive des voies navigables de la Prusse.

En 1877, entraîné par l'exemple de la France, le gouvernement prussien communiqua aux Chambres un mémoire relatif à la question de la navigation intérieure et à l'opportunité de l'extension éventuelle du réseau existant. Le sage auteur de ce mémoire posait nettement la question entre les canaux et les chemins de fer, et discutait froidement le pour et le contre. Finalement, il concluait à l'amélioration rationnelle des lignes de navigation existantes et appelait l'attention publique sur plusieurs projets éventuels, notamment le prolongement de la grande artère navigable de Kœnigsberg à l'Elbe, à travers le Wéser, l'Ems et le Rhin jusqu'à la Meuse et l'Escaut, de façon à constituer une ligne continue de Kœnigsberg par Berlin, Magdebourg, Hanovre, Munster, Rouhrort, Venlo jusqu'au port d'Anvers. Cette ligne, désignée quelquefois sous le nom de ligne *méditerranéenne*, par opposition avec une variante longeant les côtes, a acquis une certaine popularité.

Quatre ans après le mémoire en question, en janvier 1882, le gouvernement prussien adressa aux Chambres un second mémoire, qui marque un revirement prononcé en faveur de la navigation intérieure. Tout en déclarant que tout monopole de transport doit demeurer exclu des voies navigables, qu'il faut renoncer à l'espoir d'une rémunération des capitaux à engager dans de nouveaux canaux et que, par conséquent, l'Etat seul est apte à en construire, le deuxième mémoire fait l'énumération de douze projets, marqués sur la carte (Pl. 137.), et les recommande plus ou moins, savoir :

I. Canal du Rhin à la Meuse ;
II. Canal du Rhin au Wéser et à l'Elbe, suivant deux variantes :
(*a*) par Rouhrort, Minden, Hanovre, Magdebourg (ligne méditerranéenne) ;
(*b*) par la basse Ems et Brême à Stade (en face de Hambourg) ;
III. Amélioration de la traversée de Berlin ;
IV. Canal de la Sprée à l'Oder, entre Berlin et Kienitz ;
V. Canal de l'Elbe à la Sprée, entre Riesa (Dresde) et Berlin ;
VI. Embranchement du canal IV à Schwedt ;
VII. Canal de la mer du Nord à la Baltique ;
VIII. Canal de l'Elbe à la Trave (Lubeck) ;
IX. Canal de Berlin au port de Rostock ;
X. Canalisation du Mein en aval de Francfort ;
XI. Canal de Leipsick à l'Elbe ;
XII. Canal latéral à l'Oder, et de l'Oder au Danube.

A peine le programme en question était-il lancé, que, à la date du 24 mars 1882, le gouvernement saisit les Chambres d'une proposition relative à l'exécution, aux frais de l'Etat, du projet II. *b* ci-dessus, ou plutôt du premier tronçon de ce tracé, compris entre Dortmund et Neudörpen, dans le but de procurer un débouché aux charbons de la Rouhr, de Dortmund au port de mer d'Emden.

Le gouvernement ayant donné à entendre que l'exécution du complément du tracé II. *b* ne saurait se faire attendre, et que la variante II, *b* n'excluait pas l'exécution de la variante II. *a*, comme aussi que le projet XII ou des travaux analogues seraient exécutés pour rétablir l'équilibre en faveur du bassin houiller de la Haute-Silésie, le projet de loi fut finalement adopté dans la Chambre des Députés. Mais, dans la Chambre des Seigneurs, il fut, après une discussion approfondie, repoussé à une faible majorité, formée par la réunion des adversaires des canaux en général, des partisans de la variante méditerranéenne et des députés silésiens. C'était le 30 juin 1883.

Avec sa ténacité habituelle, le gouvernement prussien revint à la charge, en mars dernier. Il représenta le même projet avec quelques améliorations de détail et augmenté d'un projet de recons-

truction immédiate du vieux canal de Frédéric-Guillaume jusqu'à Fürstenberg, avec promesse de la canalisation ultérieure de l'Oder Cette concession rallia les Silésiens, et la loi fut votée, cette fois, non seulement par les Députés, mais encore, le 10 juin 1886, par les Seigneurs, à la majorité de 57 voix contre 45.

Si la politique pouvait être mêlée à nos travaux, je relaterais ici comme quoi j'ai toujours vu les projets de travaux publics dans les Assemblées délibérantes échouer, non parce qu'ils étaient jugés inutiles ou trop vastes, mais trop restreints. Je parle toujours des pays d'outre-Rhin.

On dit qu'il n'y a que le premier pas qui coûte, et nous venons de voir les Chambres prussiennes faire ce premier pas. Il est cependant douteux qu'il soit bientôt suivi d'un second. L'exposé des motifs, aussi bien que les déclarations des commissaires du gouvernement au cours des débats exhalent une certaine tiédeur. Ce n'est plus de grands plans d'ensemble qu'il est question, mais de simples cas particuliers, plus ou moins exceptionnels. Avant d'aller plus loin, il convient d'attendre l'expérience de ce premier canal moderne, à grande section et aux modes de traction perfectionnés. J'ajouterai, de mon côté, que cette expérience même pourra bien se faire attendre, car la loi sur le canal en question statue : que les travaux ne pourront être commencés que quand la livraison gratuite par les intéressés (arrondissements, communes, particuliers) de la totalité des terrains nécessaires sera assurée. Or, il paraît que l'exécution de cette clause rencontre peu d'empressement et exigera beaucoup de temps.

Quoi qu'il en soit, les douze projets n'en méritent pas moins un commentaire rétrospectif. Mais avant de l'aborder, jetons un coup d'œil sur le tonnage des voies navigables allemandes, d'après la Statistique impériale pour l'année 1884.

TONNAGE DES VOIES NAVIGABLES ALLEMANDES

Entre la statistique française du tonnage des voies navigables et l'allemande il y a une différence qui mérite d'être signalée. La statistique française donne pour chaque voie ou pour chaque grande section de voie navigable le tonnage effectif, le tonnage moyen, le nombre total de tonnes kilométriques, le tout avec la division en dix

classes de marchandises ; mais il n'y est pas question des différents ports. Il est impossible d'y trouver le chiffre des embarquements et des débarquements à Nancy, par exemple, ou à Lille, à St-Quentin, etc. La statistique allemande, au contraire, ne connaît que des points de passage (frontières, écluses, etc.) et surtout des ports ; elle en énumère les principaux et donne pour chacun d'eux quatre à six chiffres, savoir : le tonnage des marchandises arrivées tant d'amont que d'aval, le tonnage expédié du côté d'amont et d'aval; enfin, mais pas toujours (on le conçoit aisément), le tonnage du transit dans chaque sens, en spécifiant d'ailleurs les différentes classes de marchandises. Cela donne la physionomie de chaque place de commerce, mais cela ne permet pas de calculer exactement le tonnage ramené à la distance entière, ni la distance moyenne des parcours, et encore moins, de représenter graphiquement le mouvement général. Le tonnage moyen, en particulier, ne peut être déterminé qu'approximativement, en prenant les moyennes entre les tonnages aux divers points de passage. Le système français est plus abstrait et plus scientifique, le système allemand plus concret et peut-être plus pratique, je veux dire plus utile au commerce et à l'industrie.

Rhin. — A la frontière hollandaise, il passe : à la descente 1,958,000 tonnes, à la remonte 2,718,000 tonnes, total 4,676,000 tonnes. A Manheim, où s'arrête la navigation à la remonte, les arrivages du bas Rhin s'élèvent à 1,005,300 tonnes, les expéditions à 285,700 tonnes. Il y arrive, en outre, du haut Rhin 22,000 tonnes, et il passe sur le Neckar, à la remonte 4,300 tonnes, à la descente 90,600 tonnes. Le transit sur le Rhin n'est pas indiqué. Le tonnage du Rhin en aval de Manheim s'élève donc à 1,386,000 tonnes au moins, et le tonnage moyen entre Manheim et la frontière hollandaise approximativement à 1/2 (4,676,000 + 1,386,000) = 3,031,000 tonnes. C'est fort respectable, et cependant on n'est pas encore arrivé à la limite du développement, car je constate une augmentation annuelle de plus de 7 0/0.

Ems. — L'Ems fait une assez pauvre figure à côté du Rhin. Il n'y est entré, par la navigation maritime, que 98,000 tonnes, et il en est sorti 88,000, total 186,000 tonnes. Le mouvement total du port d'Emden, qui joue un rôle dans les derniers projets, n'est que

de 30,000 tonnes. Dans le cours supérieur de l'Ems, à Meppen, il ne passe plus que 15,500 tonnes à la remonte, 5,500 à la descente, ensemble 21,000 tonnes.

Wéser. — En amont de Brême, le tonnage est de 90,400 tonnes à la descente, de 47,900 à la remonte, total 138,300 tonnes. A Hameln, le tonnage se réduit à 73,200 tonnes.

Elbe. — Le trafic de l'Elbe présente des conditions particulièrement remarquables. Immédiatement en amont de Hambourg, on rencontre à la remonte : 240,000 tonnes de seigle, 156,000 tonnes de pétrole, 138,000 tonnes de charbon (anglais?), 111,000 d'amendements, etc., en tout 1,420,500 tonnes ; à la descente : 438,000 tonnes de sucre et de mélasse, 122,000 tonnes de sel et une quantité d'autres articles, en tout 1,223,900 tonnes. Le tonnage à la descente est donc presque égal à la remonte et le tonnage total atteint 2,644,000 tonnes. Mais en outre, il y aurait, d'après mes relevés, une augmentation annuelle du trafic de 18 0/0.

A l'autre extrémité du fleuve, à la frontière autrichienne, on rencontre à la remonte encore 222,900 tonnes et à la descente 1,632,900 tonnes, parmi lesquelles 1,293,700 de lignite bohême, 101,000 de sucre, etc. Le tonnage total en ce point est donc de 1,855,800 tonnes, et le tonnage moyen de l'Elbe sur les 600 kilomètres environ de son parcours en Saxe et en Prusse de $\frac{1}{2}$ (2,644,000 + 1,855,800) = 2,249,400 tonnes.

Une pareille navigation fluviale est rare. Il est donc intéressant de jeter un coup d'œil sur les conditions de la concurrence faite à l'Elbe par les chemins de fer parallèles, qui sont des chemins appartenant et exploités par l'État. Pour l'année 1883, j'ai pu relever que le fret, variable de semaine en semaine, avait atteint pour certains articles et pour certaines périodes les minima et maxima suivants :

A la remonte 1f23 à 4f20. — A la descente 0.83 à 3.62.

Pendant ce temps, les tarifs inflexibles du chemin de fer pour les articles similaires étaient dans le sens de la remonte de 3f00 et la descente de 5f87.

La différence entre ces prix se trouve un peu atténuée par la différence des longueurs, qui est de 545 kilomètres par le chemin de fer et de 640 kilomètres par le fleuve ; cependant on ne pourra pas

dire que la concurrence ait été sérieuse. Sans la concurrence que se faisaient les bateliers entre eux, jamais le fret ne serait descendu aux limites indiquées. — On est donc induit à croire que le rachat des chemins de fer opéré en Prusse est pour beaucoup dans le récent essor de la navigation de l'Elbe et, sans doute aussi, du Rhin.

Sprée. — Cet affluent indirect de l'Elbe doit à la présence de la capitale et au prodigieux développement de celle-ci un mouvement tout à fait comparable à celui du port de Paris.

Berlin a reçu par la Sprée inférieure 1,970,200 tonnes, par la Sprée supérieure 1,115,000 tonnes, ensemble 3,085,200 tonnes, consistant principalement en matériaux de construction et combustibles, venant généralement de faibles distances. Berlin a expédié du côté d'aval 173,700 tonnes, du côté d'amont 99,700, ensemble 273,400 tonnes, encore en grande partie des matériaux de construction. Le mouvement total du port de Berlin a donc été en 1884 de 3,358,600 tonnes, tandis que le port de Paris en offrit 3,491,000 en 1880 et 4,558,700 tonnes en 1883.

Comme la Sprée, à Berlin, a en outre transporté en transit, savoir : à la remonte 98,700 tonnes et à la descente 258,800 tonnes, on trouve pour le tonnage de la Sprée en amont de Berlin 1,572,200 tonnes, en aval 2,501,400 tonnes.

Je passe l'Oder, la Vistule et le Niémen, dont le mouvement est embrouillé ou minime, et j'arrive aux canaux.

Canal de Bromberg. — Sur ce canal, qui fait partie de la grande artère transversale de Kœnigsberg à Magdebourg, il passe 390,800 tonnes, dont 354,200 vers l'Ouest.

C. de Finow, qui met Berlin en communication fluviale avec le port de Stettin et avec l'est de la monarchie. Dans la direction de Berlin, 1,174,700 tonnes, surtout des bois, du charbon, des matériaux de construction ; dans l'autre direction, 13,100 tonnes seulement. Total, 1,187,000 tonnes.

C. de Plaüen, entre Brandebourg et Magdebourg. C'est encore un tronçon de la même ligne transversale. Dans la direction de Berlin, 523,000 tonnes dont 211,000 tonnes de lignite bohême ; dans l'autre sens, 268,100 tonnes, ensemble 791,100 tonnes. C'est toujours Berlin qui forme le centre d'attraction.

C. de Frédéric-Guillaume. — C'est la communication fluviale de Berlin avec Breslau et la Silésie. Dans la direction de Berlin, 193,100 tonnes dont 54,000 tonnes de charbon ; dans la direction inverse, 60,200 tonnes, total 253,300 tonnes. Pour 1880 je n'avais trouvé qu'un total de 144,800 tonnes.

Ce n'est pas la première variation considérable que je constate. J'ignore s'il faut l'expliquer par des mesures de tarification, ou par l'amélioration progressive des voies navigables, ou enfin par des incertitudes dans la statistique.

Sur les autres canaux prussiens, la circulation est généralement faible, parfois minime.

LES DOUZE PROJETS DE 1882

(Voir la carte, Pl. 137)

O. *Canal de l'Ems à la Jade.* — En tête ou plutôt en dehors des projets en question, il faut mentionner un canal qui joint le port de mer d'Emden, sur la basse Ems, au golfe de la Jade, où est situé le nouveau port militaire de Wilhelmshaven. Ce canal, d'une longueur de 72 kilomètres, a surtout pour but d'assainir et de transformer les vastes tourbières qu'il traverse, mais aussi de faciliter l'approvisionnement de l'arsenal. C'est pour cela qu'il a reçu un tirant d'eau de $2^m,10$ et des écluses de $6^m,50$ de largeur sur 33 de longueur. Commencé en 1880, il n'était pas encore complètement achevé au commencement de cette année. La dépense s'est élevée à 12,875,000 francs, et a été supportée par la Prusse pour la partie située sur son propre territoire, et par l'Empire sur le territoire oldenbourgeois. De chaque côté du bief de partage, qui s'alimente par infiltration, il y a deux biefs inférieurs.

1. *Canal du Rhin à la Meuse.* — Le tracé part de la Meuse près de Venlo en Hollande, passe par ou près Créfeld et atteint le Rhin à 14 kilomètres en amont de Rouhrort. Sa longueur ne dépasse pas 47 kilomètres dont 7 sur territoire hollandais. Le bief de partage est à l'altitude de 33 mètres et long de 35 kilomètres. On ne compte que 8 écluses, avec une chute totale de 23 mètres du côté de la Meuse, et trois, avec une chute totale de $7^m,20$, du côté

du Rhin. L'estimation s'élève à 15 millions de francs. Ce canal, prolongé quelque peu vers l'ouest, sur la rive gauche de la Meuse, donnerait au bassin houiller de la Rouhr un débouché direct sur Anvers. Le gouvernement prussien et la population rhénane paraissent y tenir beaucoup; mais jusqu'à présent, par des motifs faciles à deviner, la Hollande résiste.

II. *a. Canal de Rouhrort par Bévergern et Hanovre à Magdebourg.* — Il est difficile, au point de vue purement technique, d'imaginer un projet plus beau (Pl. 136) et qui puisse mieux servir de spécimen des canaux du Nord de l'Allemagne.

Le faîte à franchir entre le Rhin et le Wéser n'est qu'à 32^{m},30 au-dessus du Rhin, à 17 mètres au-dessus du Wéser; et le faîte séparatif du Wéser et de l'Elbe est à 17^{m},90 au-dessus du premier, à 17^{m},60 au-dessus du second de ces fleuves, et tout cela sur un parcours total de 501 kilomètres. Moyennant un pont-aqueduc peu élevé, sur le Wéser, le profil en long forme presque un immense palier. On y remarque trois biefs de 64, de 125 et de 165 kilomètres de longueur. La pente moyenne idéale du canal ne serait que de 0^{m},12 par kilomètre, pente inférieure à celle du Rhin en aval de Cologne. Ce sont vraiment des conditions uniques ! Projeté pour des bateaux de 500 tonnes, avec des écluses de 8^{m},60, ce canal n'était évalué qu'à 170,000 francs par kilomètre.

Cependant, ainsi que je l'ai déjà expliqué, cette ligne « méditerranéenne » doit être aujourd'hui considérée sinon comme abandonnée, au moins comme indéfiniment ajournée. Il n'y a que sa première partie, jusqu'à Bévergern, commune à la variante II. *b.*, dont l'exécution soit assurée.

II. *b. Canal de Rouhrort à Emden et à Hambourg.* — Ce projet se compose de trois sections très distinctes. Pour la première, de Rouhrort à Henrichenbourg près Dortmund, qui est cependant considérée comme une partie intégrante essentielle, les études n'ont pas encore pu être arrêtées en raison des difficultés, à ce qu il paraît exceptionnelles, provenant du terrain houiller et des houillères. La deuxième section, de Dortmund à Emden, dont je vous ai raconté l'accueil par les Chambres (voir page 755), est sanctionnée par une loi du 9 juillet 1886 et nous allons y revenir avec plus

de détails. La troisième section enfin, de Neudörpen par ou près Brême à Stade près Hambourg, est ajournée à d'autres temps.

« *Le canal de Dortmund aux ports de l'Ems*, » telle est maintenant sa dénomination officielle, suit jusqu'à Bévergern le tracé par Henrichenbourg et Munster, indiqué ci-dessus pour II. a, et débouche ensuite, à Papenbourg, dans l'Ems, après un parcours de 228 kilomètres. De Papenbourg à Oldersum, on utilise le lit actuel du fleuve, sur 31 1/2 kilomètres; enfin d'Oldersum à Emden, on remplace ce dernier par un canal latéral de 10 1/2 kilomètres de longueur. Cela donne un parcours de Dortmund à Emden de 270 kilomètres, dont 238 1/2 à construire. La section du canal est combinée en vue de bateaux de 500 tonnes, avec tirant d'eau de 2m,50, et des écluses de 8m,60 de largeur sur 67 mètres de longueur. La dépense est évaluée à 80,830,000 francs (y compris environ 7 1/2 millions pour les terrains), soit à peu près 300,000 francs par kilomètre de parcours, et 340,000 francs par kilomètre de canal à construire.

Je ferai remarquer que le canal de Dortmund à Emden, quand il sera prolongé d'une quarantaine de kilomètres en arrière, de Dortmund à Rouhrort, donnera au Rhin une nouvelle embouchure indépendante de la Hollande. Mais le principal but invoqué, c'est de créer un nouveau débouché au bassin houiller de la Rouhr, dont la production annuelle dépasse déjà 28 millions de tonnes (autant que la France entière en consomme), et notamment d'en expédier 2 millions à Hambourg et aux autres ports allemands, afin d'en refouler d'abord le charbon anglais et d'exporter ensuite du charbon allemand. On espère que le transport d'une tonne, du carreau de la mine par le nouveau canal jusqu'à Emden, et de là par mer à Hambourg, ne coûtera pas plus de 3 fr. 10 (1 c. 15 par tonne kilométrique) jusqu'à Emden et 5 fr. 60 jusqu'à Hambourg, tandis que le tarif actuel du chemin de fer est pour

Dortmund-Emden . .	245 kilo.,	5 fr. 25,	soit 2 c. 14 par t. kilo.
— Hambourg.	349 —	6 fr. 90,	— 1 c. 98 —

Le charbon westphalien, qui coûte en moyenne 7 fr. 50 sur le carreau de la mine, paraîtrait donc sur le marché hambourgeois au prix de 13 fr. 10 contre 15 à 15 fr. 50 que s'y vend l'anglais.

A ces chiffres on a objecté qu'on se faisait illusion sur la faci-

lité d'éviction du charbon anglais ; qu'un tonnage de 2 millions serait difficilement atteint, d'autant plus qu'une partie notable arrivait sous pavillon allemand ; que, même avec les prix actuels, Hambourg consommait 1 million de tonnes de charbon anglais et 550,000 tonnes de charbon westphalien ; qu'il suffirait d'abaisser le tarif des chemins de fer de Westphalie à 1 c. 75 par tonne et par kilomètre, prix concédé au charbon silésien, pour obtenir, sans canal, un nouvel abaissement de 0 fr. 80 par tonne à Hambourg ; enfin que, nonobstant le gros calibre du nouveau canal, nonobstant l'application de la vapeur, le fret ne serait certainement pas inférieur à celui du canal de l'Erié (à présent de 1 centime) ; que pour 270 kilomètres on aurait donc 2 fr. 70 + 2 francs de frais accessoires (chemins de fer d'accès et transbordements), total 4 fr. 70 au lieu de 3 fr. 10 jusqu'à Emden ; que si les chemins de l'Etat abaissaient leur tarif Dortmund-Emden à 4 fr. 70, ils n'éprouveraient qu'une diminution de recette de 0 fr. 55 par tonne, soit au plus 1,100,000 francs par an, si les 2 millions de tonnes problématiques venaient à se présenter, tandis que les intérêts à 3 1/2 0/0 sur 80 millions s'élevaient à 2,800,000 francs.

A son tour, le Ministre répliqua que s'il baissait le tarif sur une seule ligne, il serait contraint de le baisser dans toute la monarchie et qu'il en résulterait une perte annuelle pour le Trésor de 35 millions de marcs, soit 44 millions de francs.

Reste à savoir si, l'abaissement du prix de transport une fois obtenu par la construction de ce premier canal, on ne demandera pas des canaux partout, ou, à défaut de canaux, tout de même l'abaissement des tarifs des chemins de fer.

Quoi qu'il arrive, il sera très intéressant et très instructif de suivre attentivement l'expérience tentée par le gouvernement prussien ; elle contribuera puissamment à élucider pratiquement la question si controversée du calibre des canaux et de la traction à vapeur sans monopole de transport.

III. *Amélioration de la traversée de Berlin.* — D'après ce que nous avons dit du mouvement du port de Berlin, il n'y a rien d'étonnant à ce que ce port puisse exiger de nouveaux aménagements. Ce sont des questions locales que nous pouvons passer sous silence.

IV. *Canal de la Sprée à l'Oder.* — On cherchait à justifier la convenance d'un troisième canal entre la Sprée et l'Oder par l'insuffisance des deux existants : du canal de Finow et du canal Frédéric-Guillaume. Le projet, dressé par le gouvernement, suivait un tracé intermédiaire, dans la direction de Berlin à Kienitz, et comme le bief de partage était placé à l'altitude de 42m,50, sur un plateau trop aride pour pouvoir alimenter des écluses, on le faisait communiquer avec la Sprée par un ascenseur de 10m,30 de hauteur et, avec l'Oder, par un plan incliné de 37m,60 de hauteur, et 1,220 mètres de longueur. Ces installations modernes devaient remplacer les écluses surannées et être adaptées hardiment à des bateaux de 270 tonnes, avec des caisses de 6m,75 de largeur, 48 mètres de longueur et de 2 mètres de tirant d'eau.

Mais, dès le 6 juin 1883, le gouvernement déclara à la Chambre que ce projet devait être considéré comme abandonné.

Aujourd'hui, il est virtuellement remplacé par la reconstruction déjà mentionnée du canal de Frédéric-Guillaume, comprise dans la loi du 9 juillet 1886. Ce dernier canal sera élargi et approfondi en vue de bateaux chargeant 400 tonnes, et son tracé sera amélioré par un raccordement entièrement nouveau qui reporte son embouchure dans l'Oder de 12 kilomètres plus en amont, vers Fürstenberg. Les nouvelles écluses auront 8m,60 de largeur, sur 55 mètres de longueur et 2 mètres de profondeur, tandis que les anciennes ne mesuraient que 5m,30 sur 40m,80. La dépense est évaluée à 15,750,000 francs,

V. *Canal de Riesa (Dresde) à Berlin.* — Ce canal de l'Elbe à la Sprée devait notablement raccourcir le parcours actuel de Dresde à Berlin, par Magdebourg, le canal de Plaüen et Brandebourg. Le tracé partait de l'Elbe près de Riesa et devait descendre vers la Sprée sans bief de partage. La différence de niveau qui n'est pas moindre de 64 mètres devait être rachetée par deux plans inclinés. On n'entend plus parler de ce projet, dont l'initiative était partie de Dresde.

VI. *Embranchement de Schwedt.* — Cet embranchement partait du canal IV et constituait un canal latéral à l'Oder sur une longueur de 72 kilomètres, dans le but d'éviter quelques mauvais passages du lit du fleuve. Le projet en question se compose de deux sections.

l'une en amont, l'autre en aval de l'embouchure du canal de Finow. Il est évident, que la première doit être considérée comme abandonnée en même temps que le projet IV.

VII. *Canal de la mer du Nord à la Baltique.* — Comme canal maritime, ce projet ne rentre pas dans notre sujet. J'en ai dit quelques mots en commençant et n'y reviendrai pas ici (voir page 722).

VIII. *Canal de l'Elbe à la Trave.* — Ce projet, qui utilise sur une partie du parcours le canal existant dit de Stecknitz, a pour but de rattacher Lubeck au réseau navigable de l'Elbe. On ne paraît y attacher quelque importance qu'autant que la jonction de l'Elbe avec le Wéser et l'Ems (II. b.) aurait été préalablement effectué.

IX. *Canal de Berlin à Rostock.* — La pensée de rattacher le port de mer mecklembourgeois au réseau navigable qui rayonne de la capitale de l'empire ne pouvait pas échapper au patriotisme local, d'autant plus que le tracé, profitant de nombreux lacs, est très facile. On avait d'abord rêvé un canal à grande section, mais on paraît revenu à des idées plus saines, en se contentant des dimensions du canal de Finow. Pour le moment il n'en est plus question.

X. *Canalisation du Mein.* — En 1880, la ville de Mayence a reçu par le Rhin à la remonte 69,500 tonnes, et elle a expédié à la descente 17,500 tonnes, total 87,000 tonnes. En 1884, ce total, composé des articles les plus variés, s'est élevé à 103,000 tonnes. Pendant ce temps, la ville de Francfort, qui n'est pourtant qu'à 35 kilomètres du Rhin, ne recevait et n'expédiait par le Mein qu'un total de 9 à 12,000 tonnes. C'est que, en raison du mauvais état de la navigation du Mein, une bonne partie des marchandises à destination de Francfort se transbordait à Mayence, du bateau au chemin de fer ou inversement. De là ce projet de canalisation du Mein entre Francfort et Mayence, dont la partie technique vous a déjà été si complètement exposée (séance du 2 juillet dernier) que j'y reviens seulement pour ajouter que, depuis, l'ouverture solennelle de la nouvelle voie a eu lieu le 16 octobre 1886 et pour rappeler quelques chiffres. Dimensions des écluses, largeur $10^m,50$, longueur 80 mètres, profondeur $2^m,50$. Dépense totale 6,625,000 francs, soit par kilomètre 189,000 francs.

Certes, dans ces derniers temps on a exécuté peu de travaux

de navigation présentant un caratère d'utilité et d'opportunité plus frappant que les travaux en question qui font de Francfort un port du Rhin. Et pourtant, si l'on remarque que la dépense kilométrique se rapproche de celle du canal de l'Est, et qu'il en est de même du tonnage à espérer, il est difficile de ne pas se demander si le résultat économique sera beaucoup meilleur. Il est vrai que, dans l'espèce, la question du transport proprement dit se complique de questions de transbordement et de commissions.

XI. *Canal de Leipsick à l'Elbe.* — La ville de Leipsick se trouve vis-à-vis de l'Elbe dans une situation analogue à celle où Francfort se trouvait jusqu'ici vis-à-vis du Rhin. La Chambre de commerce de Leipsick a donc poursuivi d'abord l'idée d'un canal se dirigeant vers le Nord et débouchant dans l'Elbe à Wallwitzhafen. Mais, comme ce canal avait 63 kilomètres de longueur et comportait plusieurs plans inclinés, on s'est rejeté vers une solution plus modeste, un tracé se dirigeant vers l'Ouest et débouchant dans la Saale, un affluent de l'Elbe. Les études se poursuivent sans apparence d'aboutir prochainement.

XII. *Canal latéral à l'Oder et de l'Oder au Danube.* — Le gouvernement prussien a toujours reculé devant ces projets, d'une étendue totale de 400 à 500 kilomètres, comme étant d'une exécution très difficile et dispendieuse. Le projet prussien du canal latéral semble d'ailleurs naturellement subordonné à la réalisation du projet autrichien du canal de l'Oder au Danube, sur lequel je reviendrai tout à l'heure. Le gouvernement prussien est poussé par les intérêts du bassin houiller de la Haute-Silésie, mais paraît encore flotter entre un canal latéral et une canalisation du lit de l'Oder. Dans les débats qui ont précédé la loi du 9 juillet 1886, il s'est seulement engagé à activer les études.

Résumé. — Ainsi, des 13 projets mis en avant en 1882, il ne reste, quant à présent, comme résidu solide, que les cinq entreprises récapitulées ci-après :

N° d'ordre	DESIGNATION des canaux	LONGUEUR	DATE de l'ouverture ou de la décision	DIMENSIONS des écluses Largeur	Longueur	Profondeur	DÉPENSE totale	par kilomètre
		kil.		m.	m.	m.	fr.	fr,
	Canal maritime décidé							
VII	de la mer du Nord à la Baltique.	98	Loi du 6 mars 1886	—	—	8.50	200.000.000	2.040.000
	Canaux intérieurs achevés							
O	de l'Ems à la Iade. . .	72	1886	6.50	33	2.10	12.875.000	179.000
X	Canalisation du Mein en aval de Francfort . .	35	16 octobre 1886	10.50	80	2.50	6.625.000	190.000
	Canaux intérieurs décidés							
IV	de Frédéric-Guillaume, reconstruction	—	Loi du 6 juillet 1886	8.60	55	2 »	15.750.000	—
II.b	de Dortmund aux ports de l'Ems.	238.5	Loi du 6 juillet 1886	8.60	67	2.50	80.830.000	340.000

Je répare une omission en faisant observer ici que la grande largeur adoptée pour les écluses des canaux intérieurs n'est pas uniquement basée sur des considérations doctrinaires, mais encore et surtout sur les grandes dimensions des bateaux en usage sur le Rhin, sur l'Elbe et même l'Oder.

Voies navigables de l'Autriche.

INTRODUCTION

L'Autriche ne possède ni une écluse à sas en service, ni une statistique officielle du tonnage de ses voies navigables. Elle ne saurait donc nous fournir beaucoup de données d'expérience.

Ce n'est pas à dire, cependant, que la navigation intérieure de l'Autriche soit sans importance. Elle possède le plus grand fleuve de l'Europe, un fleuve qui, à mes yeux, offre tant d'analogie avec le Missisippi que je ne puis m'empêcher de vous la signaler. Le Danube est navigable depuis Ulm (en Wurtemberg) sur une longueur de 2,630 kilom.; le Missisipi sur 3,130. Le confluent du Danube et de la Theiss est à l'altitude de 69 mètres et à 1,228 kilomètres de la mer Noire; le confluent du Missisipi et de l'Ohio, à l'altitude de 61 mètres et à

1,287 kilom. du golfe du Mexique. Aussi, la Compagnie de navigation à vapeur du Danube exploite-t-elle un réseau de 4,300 kilomètres. dont 2,400 sur le fleuve à partir de Ratisbonne, et le reste sur ses principaux affluents, notamment la Save, la Theiss, la Drave. La navigation à rames, à la descente, sans parler du flottage, s'étend encore plus loin que la navigation à vapeur. Cependant, comme partout ailleurs, son champ d'action se rétrécit. Ainsi, je me souviens avoir vu encore en 1864 des embarcations fort bizarres descendre la Save à partir de Laybach, où depuis des années on n'en voit plus. Mais sur d'autres affluents, la navigation exclusivement descendante fleurit encore aujourd'hui, comme s'il n'y avait pas de chemins de fer, et je me plais à reconnaître que rien ne fait pressentir un changement prochain.

Je n'en citerai qu'un exemple, celui de la Traün, où les bateliers luttent avec une habileté extraordinaire et un succès rarement trompé contre des difficultés qui me paraissent encore supérieures à celles du lit du Danube, dont M. Fleury nous a entretenus. Le bassin de la Traün forme ce beau *Salzkammergut* (pays de salines), aujourd'hui si connu des touristes, avec son centre balnéaire d'Ischl. De Gmounden, où la Traün sort du dernier grand lac, à son embouchure dans le Danube, en aval de Lintz, la Traün présente sur un parcours d'environ 65 kilomètres une pente totale de 175 mètres, soit en moyenne $2^{m}70$ par kilomètre. Naturellement les pertuis se succèdent, et dans ces pertuis passent les *salzschiffe*, bateaux fort respectables par lesquels, depuis des siècles, l'administration des salines de l'Etat expédie ses produits à Vienne, bateaux construits sans cesse aux bords du lac et dépecés à leur arrivée dans la capitale. A la vérité, des pertuis semblables se voient un peu partout; mais ce qui intrigue les touristes, qui ne manquent pas de visiter le *Traünfall* (chute de la Traün), c'est comment les bateaux font pour descendre ce mur de rocher vertical de douze à quinze mètres de hauteur. Pas d'écluse, bien entendu ! Dès 1416, à ce qu'on assure, on a ouvert une simple dérivation, complètement revêtue de fortes pièces de charpente, présentant sur un parcours de 500^{m} une pente moyenne de $37^{m},50$ par kilomètre. Les bateaux y passent comme dans l'âme d'un canon, et les touristes aussi, avec une vitesse vertigineuse.

Ce n'est pourtant pas la course la plus émouvante que j'aie faite

en Autriche. Permettez-moi de faire ici une petite digression, car les ingénieurs doivent connaître tous les genres de locomotion.

Au-dessus du col de Tarvis, connu ici par le passage de Napoléon en 1797, se dirigeant vers Léoben, et traversé aujourd'hui par la ligne directe de Vienne à Venise, par Villach et Udine, s'élève le Luschariberg (mont Louchari), célèbre pèlerinage, dominant le col de plus de 1000 mètres. L'ascension est longue et pénible, la descente s'opère ou peut s'opérer en vingt ou vingt-cinq minutes, si j'ai bonne mémoire. Et comment ? en traîneau, sans neige, bien entendu ! Quelques-uns d'entre vous penseront aux *schlittwege* des forêts des Vosges, mais il ne s'agit pas de cela. Sur les schlittwege il y a des traverses en bois et une traction à cheval ou à bras. Au Louchari, il n'y a ni l'un ni l'autre. Le traîneau glisse sur le sol naturel, tantôt dans un ravin, tantôt en encorbellement sur quelque précipice, et grâce à la pente excessive, il n'y a besoin que d'un frein. Ce frein est formé des talons du guide, couché sur le devant du traîneau, dont chacun ne porte qu'un voyageur. Les traîneaux se suivent à dix ou vingt mètres d'intervalle, si bien qu'aux autres préoccupations s'ajoute encore celle d'un tamponnage sans tampons. On assure qu'il n'arrive jamais d'accident, mais c'est émouvant quand on fait le trajet avec sa famille. Je ne sais quelle peut être la pente qu'on descend. D'après les coefficients de frottement indiqués par les manuels, elle semblerait devoir se rapprocher de 45°. Je ne crois cependant pas qu'il en ait été ainsi.

Revenons au Danube et aux canaux, passés ou futurs.

LE DANUBE

Le Danube présente cette particularité que sur les 1,200 kilomètres de son cours inférieur, où sa pente est éminemment favorable, il coule entre des pays encore peu civilisés et faiblement peuplés. Entre Pesth et Vienne, la pente moyenne dépasse déjà $0^{m},20$ par kilomètre et diffère donc peu de celle de la Seine du côté de Montereau, de la Loire à Saumur. Entre Vienne et la frontière bavaroise près Passau, la pente ($0^{m},46$ par kil.) approche de celle du Rhône entre Lyon et Arles (0,55). En ajoutant à cela la différence

des débits respectifs, on ne s'étonne plus de la rapidité du courant du Danube supérieur.

Les débits qu'on attribue à ce dernier ne m'inspirent pas assez de confiance pour les reproduire ici; mais vous pouvez vous en faire une idée approximative par le débouché des ponts de Vienne qui est de 770^{m} environ, dont 720^{m} pour le grand bras et 50 pour le bras de la Cité, improprement appelé *Donaukanal* (canal du Danube).

Dans ces conditions, la navigation n'est guère praticable qu'à la vapeur ou à la descente. Il y avait autrefois plusieurs Compagnies de navigation à vapeur; aujourd'hui il n'en reste qu'une, dont le siège est à Vienne et dont le parcours embrasse 4.300 kilomètres, ainsi que je l'ai déjà dit. Dans la période de 1864-68, cette Compagnie a en moyenne embarqué 1,137,600 t.; de 1879-83, 1,492,400 t. par an, et elle les a transportées aux distances moyennes de 456 et 483 kilomètres. En 1883, le tonnage en question comprenait 585,000 tonnes de grains, 861,000 de marchandises diverses. Ramené à la distance entière du réseau parcouru, le tonnage moyen ressort à 190,000 tonnes. D'après les chiffres que je viens de citer, le trafic à vapeur va donc en augmentant, mais seulement de 2 0/0 en moyenne pour une période de quinze années.

J'ai cherché à supputer également le tonnage des autres moyens de navigation, et voici le tonnage total approximatif auquel je suis arrivé :

	Tonnage du Danube
A la frontière austro-bavaroise en aval de Passau (la statistique allemande donne 141,000 tonnes pour 1884, mais je laisse mon chiffre rond)	200.000 tonnes.
En amont de Vienne.	400.000 —
En aval de Vienne	600.000 —

La faiblesse inattendue de ces chiffres tient certainement, en partie du moins, aux rapides et aux bas-fonds assez nombreux du fleuve, aux écueils qui existent çà et là, aux *Portes-de-fer*, espèce de déversoir rocheux, qui s'efface en eaux moyennes, mais qui, en basses eaux, ne peut être franchi que par des bateaux légers et qui coupe alors le fleuve pour ainsi dire en deux biefs près de la frontière austro-roumaine. Je crois néanmoins que les personnes qui espèrent que, une fois ces obstacles levés, la navigation du Danube

prendra l'essor de celle du Rhin ou de l'Elbe, se bercent d'une illusion. Après, comme avant, il y aura les interruptions dues aux glaces qui, comme nous l'avons vu, durent en moyenne soixante-neuf jours par an. Il restera aussi la défaveur géographique attachée au grand fleuve, qui s'éloigne de la civilisation et aboutit à un cul-de-sac. Hambourg, Rotterdam, Anvers, le Havre sont des portes de l'Océan, de l'univers. Galatz peut-il aspirer à un pareil rôle ?

CANAL DE WIENER-NEUSTADT

Vers la fin du siècle dernier, l'empereur réformateur Joseph II, après avoir fait inspecter les canaux français et plus particulièrement celui du Midi par son général du génie Maillard, fit dresser le projet d'un réseau navigable pour l'Autriche. L'une des lignes projetées devait aller de Vienne à Porto-Ré, sur le littoral adriatique, au sud-est de Fiume ; mais elle ne fut exécutée, de 1797 à 1804, que de Vienne à la frontière hongroise, près de Wiener-Neustadt, sur une longueur de 67 kilomètres. Il y avait 52 écluses de $2^{m},50$ de largeur, et 24 mètres de longueur, avec une chute totale de 104 mètres. Ce ne fut qu'un tronçon de canal, réduit au trafic local. Vienne ne possède pas de bonnes carrières à proximité ; pour ses belles façades modernes, elle va chercher la pierre de taille jusqu'à la pointe de l'Istrie, à 700 kilomètres, par chemin de fer. Pour les constructions ordinaires, on emploie d'énormes quantités de briques, fabriquées dans la banlieue. Même pour cet article, le canal n'a pas triomphé de ses concurrents, les briqueteries étant trop rapprochées, et le port de débarquement trop éloigné du centre de la ville. Dès 1850, le port *terminus* fit place à une gare du chemin de ceinture. Par suite, le trafic diminua successivement, et depuis 1880 le canal ne fournit plus que de la force motrice, et de la glace en hiver.

Cette misérable fin de l'unique canal à écluses que l'Autriche ait possédé, fin analogue à celle de beaucoup de canaux anglais, ne décourage pas les promoteurs de nouveaux canaux ; car, bien entendu, ils la mettent sur le compte de l'étroitesse des écluses et de la trop faible longueur du canal. Ce n'est pas sérieux ! Car ces écluses ne diffèrent que peu de celles du canal du Berry et la petite

section expliquerait au besoin une pléthore qui ne s'est pas produite. non l'inanition à laquelle le canal a succombé. La seule chose que le canal de Wiener-Neustadt prouve une fois de plus, c'est que les canaux ne réussissent pas toujours à se créer eux-mêmes un trafic. même aux portes d'une grande capitale.

PROJETS DE CANAUX

J'arrive maintenant aux projets des nouveaux canaux qui ont été le motif déterminant de la publication de mon livre, mais je n'ai garde de vous faire évoquer une cause dont les éléments locaux ne sauraient vous intéresser beaucoup. (Voir la carte Pl. 137 et les profils Pl. 136.)

Canal du Danube à l'Oder. — L'un des deux projets, le plus ancien en date, est certainement le moins déraisonnable de tous les canaux possibles en Autriche. Il a pour but de joindre le Danube à l'Oder. ou, pour parler d'une façon moins abstraite, d'établir une nouvelle communication entre Vienne et les houillères autrichiennes et prussiennes des environs d'Oderberg qui lui fournissent son charbon. Le tracé part du Danube, en face de Vienne, remonte la vallée de la March et atteint le faîte séparatif de la March et de l'Oder, à la cote 282, soit à 1 mètre près à l'altitude du bief de partage du canal de la Marne au Rhin, à Mauvages. La longueur totale à construire est de 290 kilomètres. L'exécution ne présenterait pas plus de difficultés que la plupart des canaux français et, entreprise avant l'ère des chemins de fer, elle eût été certainement un bienfait pour le pays et une affaire lucrative pour ses promoteurs.

Aujourd'hui. c'est une autre question. En raison de la grande section qu'on veut donner au canal, la dépense ne saurait être évaluée à moins de 300,000 francs par kilom. Pour l'Autriche. cela représente une charge d'intérêts et d'amortissement de 15,000 francs, et en y ajoutant les frais d'entretien, une charge annuelle de 17,000 francs par kilom., soit, en supposant avec les promoteurs du projet un tonnage de 1,200,000 tonnes (tonnage qui probablement ne serait jamais atteint), une charge de 1^{c},4 par tonne kilométrique. En ajoutant à ce chiffre le fret ordinaire sur

les canaux existants, soit encore $1^c,4$, on arrive au total de $2^c,8$ par tonne kilométrique. C'est exactement le tarif perçu aujourd'hui par le Chemin de fer du Nord autrichien, parallèlement au canal projeté. Dans ces conditions, on ne voit pas de bénéfice à réaliser, tandis qu'on aperçoit très bien les chances contraires pour le cas où, comme sur le canal de l'Est, le trafic réel resterait en arrière des prévisions.

Canal du Danube à l'Elbe. — Le tracé du second projet part également du Danube en face de Vienne, à la cote 166, franchit le faîte séparatif des bassins de la mer Noire et de la mer du Nord à l'altitude de 551 mètres et atteint la Moldau à la cote 385, près de Budweis, après un parcours de 222 kilom. A partir de Budweis, et jusqu'au confluent de l'Elbe, c'est-à-dire sur une longueur de 246 kilom., la Moldau, dont la pente moyenne est de $0^m,93$ par kilom., serait canalisée. En tout, il s'agirait environ de 468 kilom. à construire.

Il est a remarquer que le bief de partage de 75 kilom. de longueur est projeté à une altitude qui n'a encore été atteinte par aucun canal du monde; qu'elle dépasse de 133 mètres celle du Ludwigskanal, de 173 mètres celle du canal de Bourgogne, de 362 mètres celle du canal du Midi, de 378 mètres celle de l'Érié, et dans quel climat! Pour arriver à l'altitude en question, le tracé se développe sur un revers passablement incliné et contourné, et franchit nombre de contreforts et de ravins au moyen de formidables tranchées et de toute une série d'aqueducs de 50 mètres et plus de hauteur. Si on ajoute à cela la grande section, les écluses de 8 mètres de largeur, qui oserait prédire la dépense d'une œuvre aussi gigantesque?

Cependant, à mes yeux, la principale objection doit être tirée moins de la dépense que de l'absence de prévision de tout trafic déterminé. Outre une certaine quantité de grains roumains et hongrois, on n'a que des lieux communs, tels que le trafic local à naître, le transit de la mer Noire à la mer du Nord, etc. Le bon billet!

Mentionnons encore un inconvénient secondaire, commun aux deux projets: c'est que la communication entre les canaux projetés

sur la rive gauche du Danube et la ville de Vienne située sur la rive droite se trouve singulièrement entravée par le fleuve. En France, on a appris à redouter les traversées de rivières à niveau. Il en existe une sur la Loire, à Briare, qu'un projet a pour objet de faire disparaître au prix de 14 millions.

Conclusion

Pour moi, je l'avoue, je ne puis donc rien comprendre à ces projets agités en Autriche, en vue desquels le récent Congrès international de navigation intérieure a été réuni et fêté à Vienne.

En physique, quand on se trouve en présence de faits inexpliqués, on hasarde une hypothèse. Supposons un instant que, avant le krach, pendant la fièvre des concessions, un *consortium* ou une banque se soit lancé dans des frais d'étude, des achats prématurés de moulins, et qu'aujourd'hui il faille enfin procéder à la liquidation de ce *conto sospeso,* comme on dit en Autriche. Tout ce qui est suspendu finit par tomber, témoin les ponts suspendus. Mais heureusement pour les actionnaires menacés d'une pareille tuile, voici que quelques journaux, par pur hasard, se souviennent des bienfaits des canaux et les exposent à leurs lecteurs. L'opinion publique est mise en branle et les députés jaloux du bien-être de leur province, ne pouvant plus rester en arrière, finissent par se mettre à la tête du mouvement.

Tout cela n'est qu'hypothèse ; mais ce qui, pour moi du moins, est une conviction, c'est que les hommes d'État autrichiens qui, eux aussi, à Vienne comme à Paris et comme à Berlin, ont à lutter contre un déficit chronique, feront tout ce qu'ils pourront pour résister à l'entraînement artificiel vers les canaux. Et dire qu'on s'était imaginé que les Chambres serviraient de freins contre l'entraînement des « dépenses utiles » !

Voies navigables de quelques autres pays.

BAVIÈRE

Depuis plus de quarante ans la Bavière possède un canal à point de partage fort remarquable, construit par Louis Ier, l'ami des arts et de tous les progrès. Ce canal, qui porte son nom et qui a une longueur de 172 kilomètres, unit le Rhin (Mein) au Danube. Il quitte le Mein à Bamberg, à la cote 233 mètres, passe à Nuremberg, atteint l'altitude de 418 mètres et débouche dans le Danube à la cote 339 mètres, près de Kelheim, à 32 kilomètres en amont de Ratisbonne. C'est, jusqu'ici, le bief de partage le plus élevé, le canal de Bourgogne n'atteignant que 378 mètres, celui de l'Est 361 mètres.

De même que les chemins de fer de la Bavière, le *Ludwigs-Kanal* appartient à l'État et est exploité par lui. On ne peut donc pas prétendre que le canal en question soit exposé à un abandon calculé, à une concurrence illégitime de la part du chemin de fer. Cependant son tonnage moyen est descendu au chiffre invraisemblable de 25 à 30,000 tonnes. Dans ces conditions, le péage, d'ailleurs très réduit, ne produit que 700 francs par an et par kilomètre, et ne couvre pas les frais d'entretien et d'administration qui s'élèvent à 2,100 francs. La ville de Nuremberg reçoit par le canal environ 50,000 tonnes et expédie par lui 5,000 tonnes ; total 55,000 tonnes. Par contre, ses arrivages par chemin de fer s'élèvent à 380,000 tonnes et ses expéditions à 130,000 ; total 510,000 tonnes. Le mouvement du chemin de fer est donc presque décuple de celui du canal.

Il est vrai que les 100 écluses (c'est le nombre exact) n'ont que $4^m,64$ de largeur et que les bateaux ne chargent que 136 tonnes Les avocats de la navigation cherchent à se persuader que ce faible calibre, joint à la faible longueur du canal, suffit pour expliquer le faible tonnage. Mais n'avons nous pas vu le canal du Berry avec ses écluses de $2^m,70$ et ses bateaux chargeant 54 tonnes atteindre un tonnage de 600,000 tonnes ?

Et n'avons nous pas vu que le parcours moyen de la navigation intérieure en France n'est que de 115 kilomètres ? L'explication de mes contradicteurs demande donc à être complétée.

Pour moi, l'expérience bavaroise vient simplement confirmer la règle : qu'il ne faut pas construire de canaux là où ils ne trouvent pas des éléments de trafic appropriés et suffisants, et que les canaux ont beaucoup de peine à en trouver à côté des chemins de fer.

BELGIQUE

Chose curieuse ! La Belgique aussi possède un canal de petit calibre, avec des écluses de 2m,70, le canal de Charleroi à Bruxelles. Ce canal, d'une longueur de 74 kilomètres, est ouvert depuis 1832, et comme il est appelé à livrer à la capitale une grande partie de sa consommation de charbon, il a eu un sort bien différent de celui du Ludwigs-Kanal et de celui de Wiener-Neustadt; il est, comme le canal du Berry, arrivé à un tonnage de 500,000 tonnes. Pour augmenter encore ce dernier, on est en train de reconstruire le canal avec des écluses de 5m,20 de largeur.

Il s'en faut, du reste, de beaucoup que tous les canaux belges ait atteint ou conservé une prospérité pareille. A la vérité, la statistique belge accuse pour la totalité des voies navigables belges (en 1882) un tonnage moyen de 439,000 tonnes ; mais ce chiffre comprend la navigation maritime qui, comme l'on sait, pénètre sur un grand nombre de canaux belges et serait bien difficile à éliminer comme dans la statistique française. Il suffit d'ailleurs de mettre à part les 232 kilomètres de l'Escaut et les 12 kilomètres du Rupel, son affluent, pour arriver à des chiffres plus modestes pour le surplus du réseau.

VOIES NAVIGABLES BELGES en 1882	LONGUEUR	TONNES kilométriques	TONNAGE moyen
	kilom.		
Fleuves (Escaut et Rupel)	244.3	418.169.987	1.714.000
Canaux	1.387.5	298.941.461	215.000
Totaux	1.631.8	717.111.448	439.000

En Belgique, d'ailleurs, pas plus qu'en France, la navigation n'est en croissance. On peut s'en convaincre par les chiffres suivants :

ANNÉES	LONGUEUR du réseau navigable	TONNES kilométriques	TONNAGE moyen
	kilom.		
1880	1.611.0	722.287.000	448.300
1881	1.604.3	702.851.000	438.200
1882	1.631.8	717.111.000	439.000
1883	1.633.8	726.359.000	444.500

Il est douteux qu'aujourd'hui la Belgique construirait encore ceux de ses canaux dont le tonnage est notablement inférieur à la moyenne de 215,000 tonnes.

En fait, elle a presque cessé la construction de canaux. Elle ne construit en ce moment que la lacune de 21 kilomètres qui depuis cinquante ans subsiste dans son canal du Centre entre Mons et Houdeng, avec une différence de niveau de 70 mètres à racheter. Au lieu de l'escalier d'écluses de l'ancien projet, on exécute maintenant quatre ascenseurs hydrauliques de 18 mètres environ de course chacun. Vous vous souvenez sans doute qu'un anneau de ces ascenseurs, en fer forgé, a figuré l'an dernier à l'Exposition d'Anvers.

SUÈDE

La Suède semblait être prédestinée à la navigation intérieure, car, grâce à l'étendue exceptionnelle de ses lacs, elle a pu au moyen de quelques tronçons de canaux artificiels, d'une longueur totale de 229 kilomètres, se créer un réseau navigable intérieur de 1,740 kilomètres d'étendue et desservir 5,000 kilomètres de rives de lacs.

Les bateaux qui y circulent portent de 200 à 250 tonnes.

Malgré des conditions aussi favorables, le capital engagé dans les canaux ne rapporte plus rien, la construction de nouveaux canaux a absolument cessé et les chemins de fer, favorisés d'ailleurs par la longueur des hivers, prennent de plus en plus le dessus.

ANGLETERRE

Nous savons tous que ceux qui cherchent des arguments en faveur des canaux ne doivent pas aller en Angleterre, que les canaux anglais ont en grande partie succombé à la concurrence des chemins de fer, ainsi que l'ont déjà rapporté M. de Franqueville (*du Régime des travaux publics en Angleterre*), Malézieux (*les Chemins de fer anglais*), et d'autres. Je crois donc complètement inutile d'insister sur ce point.

ÉTATS-UNIS

Je puis m'en dispenser également en ce qui concerne l'Amérique du Nord en général, en vous renvoyant à l'ouvrage si plein d'autorité de MM. Lavoinne et Pontzen, qui établissent, à leur tour, la supériorité croissante des chemins de fer sur les canaux (*les Chemins de fer en Amérique*, t. II, p. 294-299).

Je n'ajouterai que quelques observations sur le canal de l'Érié, qu'on cite si volontiers comme la merveille des canaux, offrant un tonnage de 5 millions de tonnes. Ce canal, vous le savez, met en communication la ville de New-York avec le réseau des grands lacs, où il recueille des grains destinés à l'Europe. Il part de Buffalo, port du lac Érié, et aboutit à Albany, sur l'Hudson, le grand fleuve qui se jette dans l'Atlantique à New-York. La distance de Buffalo à Albany est de 563, d'Albany à New-York de 242 kilomètres. Le canal de l'Érié a été construit de 1817 à 1825, avec des écluses de 4ᵐ58 de largeur, 27ᵐ44 de longueur et 1ᵐ21 seulement de profondeur. Le trafic ayant atteint une intensité extraordinaire, on se décida en 1835 à une reconstruction, en remplaçant les écluses simples par des écluses-jumelles et en portant leur largeur à 5ᵐ50, leur longueur à 33ᵐ55 et la profondeur à 2ᵐ13, de façon à admettre des bateaux de 250 tonnes au lieu de 75 à 100 tonnes. La reconstruction n'a été complètement terminée qu'en 1876.

L'histoire économique du canal de l'Érié est très curieuse. De tout temps, sa ligne principale aussi bien que les embranchements qui y ont été successivement ajoutés, ont appartenu à l'État de New-York.

qui y percevait un péage très fructueux pour le Trésor public. A l'apparition des chemins de fer, le gouvernement de New-York, inquiet de la concurrence, prit une mesure aussi simple qu'efficace: il défendit aux chemins de fer de transporter des marchandises, et il ne leva, plus tard, cette interdiction qu'à la condition que les marchandises empruntant le chemin de fer payeraient au Trésor le même péage que si elles avaient passé par le canal. Cette deuxième mesure ne fut rapportée qu'en 1851. Depuis, par suite de la concurrence croissante exercée par les chemins de fer, le péage fut successivement réduit, puis enfin, en 1883, complètement supprimé, comme sur les canaux français depuis 1880.

Il est malheureusement impossible de suivre le tonnage moyen du canal de l'Érié au milieu de toutes ces péripéties. Ce n'est pas que les statistiques manquent, au contraire ! Seulement, la ligne principale et les embranchements y sont plus ou moins confondus, au point qu'il est impossible d'en dégager exactement le tonnage moyen de l'artère principale qui importe surtout. Le tonnage moyen du réseau entier de 1860 à 1872 ayant été au maximum de 1,207,000 tonnes, j'avais calculé, à l'aide d'une hypothèse, que le maximum correspondant du canal principal avait dû être approximativement de 1,762,000 tonnes et non de 5,000,000 de tonnes, chiffre représentant les tonnes effectives, embarquées à toute distance.

A l'aide de données supplémentaires fournies par l'attaché technique de la légation allemande à Washington, on a refait mes calculs à Berlin et on y a trouvé approximativement, pour 1880, un tonnage de 2,800,000 tonnes.

C'est encore un chiffre très respectable et d'autant plus curieux que le calibre du canal de l'Érié dépasse à peine le type français et que le chômage d'hiver y dure en moyenne près de cinq mois.

Il paraît du reste que le trafic de 1880 a été exceptionnel; que les tonnages de 1881 et 1882 sont notablement inférieurs.

Résumé général.

En récapitulant maintenant les principaux tonnages que j'ai pu faire passer sous vos yeux, nous arrivons à la comparaison suivante. qui me paraît présenter un certain intérêt. Sauf mention contraire, les tonnages se rapportent à l'année 1884 pour les voies navigables, et à l'année 1882 pour les chemins de fer.

Canal de Suez . . . . 5,871,000 tonnes.

Fleuves et rivières, 1884.

Rhin, à la frontière hollandaise.	4,676,000	»
Id. à 423 kilom. plus en amont, à Manheim. 1,386,000 t.		
Elbe, en amont de Hambourg	2,644,000	»
Id. à 600 kilom. plus en amont, à la frontière austro-saxonne . . . . 1,856,000 t.		
Sprée, en aval de Berlin.	2,501,000	»
Escaut, entre Cambray et Etrun.	2,329,000	»
Seine, entre la Briche et l'Oise	2,264,000	»
Oise, entre Janville et la Seine.	1,679,000	»
Danube, entre Vienne et Pesth.	600,000 ?	»
Saône, entre St-Jean-de-Losne et Lyon . .	323,000	»
Garonne, entre Castets et Bordeaux. . . .	263,000	»
Rhône, entre Lyon et Avignon.	190,000	»
Wéser, en amont de Brême	138,000	»
Loire, en amont de Nantes.	75,000	»

Canaux intérieurs, 1884.

L'Érié (1880)	2,800,000	»
Saint-Quentin.	2,172,000	»
Finow, de la Havel (Elbe) à l'Oder	1,188,000	»
Saint-Denis	1,078,000	»
Plaüen, de l'Elbe à la Havel	791,000	»
Marne au Rhin	631,000	»
Berry (à petite section), entre Montluçon et Marseille-les-Aubigny (1883).	606,000	»
Centre	396,000	»
Bromberg, de l'Oder (Netze) à la Vistule .	391,000	»
Frédéric-Guillaume, de la Sprée (Elbe) à l'Oder.	253,000	»
Bourgogne.	182,000	»
Est (toutes les branches)	126,000	»
Midi	65,000	»
Ludwigs-Kanal, du Danube au Mein (1882).	27,000	»

Chemins de fer, 1882.

P. L. M. — Lyon-Avignon, rive gauche . .	2.217,000	»
Nord. — Paris-Erquelines	2,163,000	»
Nord. — Paris-Arras	1,982,000	»
P. L. M. — Paris-Lyon (par la Bourgogne).	1,746,000	»
Ouest. — Paris-Rouen.	1,557,000	»
K. F. Nordbahn (Moravie, 1883)	1,405,000	»
Midi. — Toulouse-Narbonne.	1,377,000	»
Ouest. — Rouen-Havre.	1,315,000	»
Orléans. — Paris-Bordeaux.	1,088,000	»
Est. — Paris-Nancy.	1,011,000	»
P. L. M. — Lyon-Avignon, rive droite . . .	1,002,000	»

Le Rhin et l'Elbe sont, comme on voit, en tête de la liste des fleuves et rivières; mais ce qui augmente encore leur supériorité, c'est que leur fort tonnage se maintient sur de grands parcours, tandis que les chiffres élevés des cours d'eau suivants, de la Sprée, de l'Escaut, de la Seine, ne se produisent que sur des points singuliers où deux ou plusieurs courants de transport se juxtaposent.

Les partisans de la navigation ne manquent pas d'invoquer les exemples du Rhin et de l'Elbe comme preuves sans réplique de la supériorité des voies navigables sur les chemins de fer, et du meilleur marché des transports sur les voies navigables. Mais d'abord, il ne faudrait pas trop généraliser, puis ne pas confondre les plus beaux fleuves naturels avec des canaux toujours relativement étroits et hérissés d'écluses; enfin, et surtout, il faudrait s'entendre une bonne fois sur ce qu'on entend par le meilleur marché, expression qui implique une équivoque qu'on retrouve jusque dans des documents officiels. Parle-t-on des prix de revient ou des tarifs ? Si on veut dire que les tarifs des chemins de fer sont généralement plus élevés que les tarifs, disons plutôt les prix de transport à payer sur les voies navigables, cela n'est pas à contester, parce que les tarifs des chemins de fer impliquent généralement un bénéfice net, consacré aux intérêts et à l'amortissement du capital de premier établissement, bénéfice auquel les voies navigables ont bon gré mal gré renoncé par la suppression du péage. Mais si l'on veut dire que le prix de revient des transports par chemin de fer est plus élevé que sur les voies navigables, j'espère avoir prouvé le contraire, d'autant plus que les tarifs ou plutôt les prix de transport effectivement payés sur les voies navigables sont inférieurs au prix de revient réel, toutes les fois que par suite de la suppression de tout péage c'est le contribuable qui paie la partie du prix de revient qui correspond à l'entretien de la voie navigable, le contribuable à la place de celui qui navigue sur les canaux et rivières.

Nous avons vu que le Rhin amenait à Manheim un million de tonnes environ. Dans ce nombre il y a près de 300,000 tonnes de grains. Il est probable que les chemins de fer parallèles au Rhin en transportent une quantité au moins égale, disons 400,000 tonnes, quoique à un tarif supérieur, puisque le commerce ne fait aucune difficulté à payer la rapidité du chemin de fer par un supplément de prix. Il est très probable aussi que le chemin de fer pourrait attirer à lui la totalité ou la presque totalité des transports de grains, au moyen d'un tarif spécial qui lui laisserait encore un petit bénéfice sur chaque tonne enlevée au Rhin. Mais — et c'est là la difficulté ! — ce même tarif spécial ne s'appliquerait pas seulement aux 300,000 tonnes à enlever au Rhin, mais encore aux

400,000 que le chemin de fer transporte déjà et qui, elles aussi, profiteraient de l'abaissement de taxe résultant du tarif spécial. Le bénéfice à faire sur les 300,000 tonnes nouvelles se trouvera donc plus ou moins compensé par la diminution de recette sur les 400,000 tonnes anciennes. Il est même possible que, en fin de compte, l'opération se solde par une perte.

Et si, comme c'est presque inévitable quand les chemins de fer sont entre les mains de l'État, le tarif spécial pour Manheim doit en entraîner un autre pour Bâle, et un troisième pour Dresde, etc., et conduire finalement à l'abaissement général de tous les tarifs de grains, il est clair que le revenu des chemins de fer en serait gravement atteint. Voilà pourquoi les administrations de chemins de fer, soit publiques, soit privées, montrent en général et à juste titre peu de propension à entrer en lutte avec les voies navigables existantes. Ce n'est pas l'élévation du prix de revient de leur service de transport qui les retient, mais la crainte de troubler l'équilibre scientifique, toujours un peu instable, des tarifs existants.

La question change de face quand, au lieu de voies navigables anciennes, il s'agit de canaux à construire. Car, en ce cas, le chemin de fer antérieur est en possession de la totalité du trafic et il ne se le laissera pas ravir sans lutte. Devant, par l'ouverture du canal, en perdre une partie, le chemin de fer cherchera à circonscrire sa perte par des abaissements de tarif, jusqu'à la limite du prix de revient exclusivement. Si un intérêt public et supérieur exigeait quelque part un abaissement de tarif, plutôt que de construire à cet effet un canal parallèle, il sera donc bien plus simple et plus économique d'opérer tout simplement l'abaissement du tarif du chemin de fer, car, dans ce dernier cas, il n'y aura que la diminution du revenu net du chemin de fer, tandis que, si l'on exécute le canal, il y aura à la fois cette même diminution, et, en outre, la charge des intérêts du capital de construction du canal, charge relativement lourde, ainsi que nous l'avons vu dans plusieurs exemples concrets.

Avant de se lancer dans la construction de nouveaux canaux, surtout dans des pays qui n'en possèdent pas encore, il faut donc bien peser les circonstances particulières de chaque espèce et ne pas se laisser séduire par la raison trop générale de l'*outillage national*. Si l'outil à créer n'était qu'inutile et pouvait être simple-

ment mis de côté, il n'y aurait que demi-mal, mais quand l'outil inutile s'appelle un canal ou un chemin de fer, cela n'est pas possible. Car un pareil outil ne se crée pas, généralement, avec des excédents de budget, mais en contractant des emprunts dont les intérêts forment comme un poids mort qui pèse sur la nation. Or, de même que dans les enceintes de pesage on veille scrupuleusement à ce qu'aucun des concurrents ne pèse moins que ses rivaux, de même les nations industrielles doivent veiller à ne pas volontairement se charger d'un surpoids. Car il y a beaucoup de chance à ce que, sur le grand champ de courses international, ce soit la nation la moins chargée de poids mort qui remporte le prix.

Une dernière réflexion, un peu personnelle!

Très probablement je m'abuse sur la valeur de mes raisonnements, mais ceux qui y auront le plus puissamment contribué, ce sont mes propres contradicteurs qui, au lieu de réfuter mes arguments, cherchent à les déprécier au moyen d'une tactique trop commode, en me représentant comme un adversaire trop décidé, un adversaire de parti pris des voies navigables. Ce reproche ne saurait atteindre ni ma personne, ni mes conclusions; car on n'arrive pas à mon âge, à travers des fonctions variées et des pays différents, sans avoir reconnu enfin cette vérité qu'il serait peut-être utile d'inscrire sur le frontispice de toutes les écoles techniques et surtout de l'Ecole polytechnique (que je me glorifie d'ailleurs d'avoir suivie):

Nos vérités ne sont que relatives.

En pratique rien d'absolu!

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos.

Prix de revient des transports par chemin de fer.

Canaux maritimes.

Les chemins de fer et la navigation intérieure.

Voies navigables de la France.

Voies navigables de la Prusse.

Voies navigables de l'Autriche.

Voies navigables de quelques autres pays.

Résumé général.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

ERNEST MARCHÉ

ANCIEN PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ

PAR

J. CARIMANTRAND et A. MALLET

La tâche de retracer la carrière si remplie, quoique bien courte, de Marché nous est d'autant plus facile que notre regretté camarade avait su s'attirer à un degré éminent les sympathies de la Société des Ingénieurs Civils.

Il avait parcouru rapidement tous les degrés de ses dignités et s'était vu accorder tous les honneurs dont elle dispose.

Rappelant, dans son discours d'installation à la séance du 12 janvier 1883, que, secrétaire en 1871, il se trouvait douze ans après à la tête de la Société, Marché constatait dans ces termes cette situation privilégiée : « J'ai toujours vécu ici dans une atmosphère de bienveillance et de sympathie qui me pénétrait et me fortifiait. Cette bienveillance de mes aînés et cette sympathie de mes amis ne se sont jamais démenties et je me souviens qu'un jour d'élections, où de nombreux suffrages m'appelaient à faire partie de votre Comité, un de nos collègues me disait que j'étais le Benjamin de la Société. »

Ces sympathies ont en effet entouré notre ami jusqu'à son dernier jour et l'ont accompagné jusqu'à sa dernière demeure.

Ernest Marché, né à Hyères (Var), le 8 septembre 1836, appartenait à une famille de condition modeste qui, toutefois, ne négligea rien de ce qui était en son pouvoir pour lui faire donner l'instruction qui servit de point de départ à sa carrière. Venu à Paris de bonne heure, il suivit les classes de l'École Turgot, d'où il entra à l'École Centrale, pour en sortir en 1857 avec le diplôme de mécanicien.

Il fut admis presque à sa sortie de l'École dans le bureau d'études de Charles Nepveu, alors directeur en France de la Compagnie générale de matériel de chemins de fer, dont les ateliers étaient à Bruxelles et à Clichy. Il s'y rencontra avec l'un de nous. Ce bureau était une des meilleures écoles de perfectionnement qu'on pût souhaiter pour un jeune ingénieur par la variété des études qui s'y faisaient. Marché y trouva l'occasion de se familiariser avec la pratique de diverses grandes questions; d'abord les ponts métalliques, sur les travaux du pont de Bordeaux, l'un des ouvrages les plus remarquables de l'époque par ses dimensions et les procédés ingénieux employés pour les fondations à l'air comprimé.

Nous rappellerons que le chef de service chargé de la conduite de ce grand travail était notre collègue M. Eiffel qui débutait par là dans une spécialité où il est devenu un maître. Puis le matériel fixe et roulant des chemins de fer, les appareils de levage dans l'étude desquel nous avons vu Marché développant toutes les ressources d'un esprit rompu avec la pratique des procédés analytiques et graphiques, improviser des méthodes de recherche et de calcul des plus remarquables.

Les travaux du pont de Bordeaux une fois terminés, Nepveu quitta la Compagnie de matériel pour prendre les importantes fonctions d'ingénieur-conseil de l'entreprise générale des travaux du canal de Suez. La plus grande partie du personnel de son bureau technique le suivit en Egypte. Sur ces entrefaites, un camarade de promotion de Marché, M. Halley, professeur de mécanique à l'École Industrielle de Lausanne, quittant cette situation pour une plus importante, lui proposa de le remplacer. Marché accepta et prit possession en 1860 de la chaire de construction de machines à l'École spéciale de Lausanne.

Il n'est pas sans intérêt de dire quelques mots de cette insti-

tution due, comme notre École Centrale, entièrement à l'initiative privée et fondée, bien que dans des proportions réduites, sur le même modèle.

L'École de Lausanne a inauguré en Suisse l'enseignement polytechnique; elle a été fondée par cinq personnes dont deux anciens élèves de l'École Centrale, MM. Rivier et Marguet et un ingénieur en chef des Ponts et Chaussées français en retraite, M. Marguet père.

L'organisation de cette École reproduisait, avons nous dit, sur une échelle modeste, celle de l'École Centrale ; elle a produit un nombre relativement considérable d'ingénieurs de toute nationalité, dont certains ont acquis des situations très importantes ; il nous suffira de citer M. Rodieux, aujourd'hui ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer de la Suisse Occidentale et du Simplon.

En 1858, l'École prit le titre d'École spéciale de la Suisse française pour les travaux publics et la construction. Plus tard, à la suite d'une réorganisation académique, l'État vaudois réunit l'École aux facultés des Sciences, de Droit et de Théologie, sous le nom de Faculté Technique.

Marché avait à enseigner la mécanique industrielle et à remplir en même temps les fonctions de chef des travaux graphiques. Il pouvait en outre avoir dans son cabinet à l'École un bureau d'ingénieur civil.

Non seulement notre camarade possédait parfaitement encore ses cours de l'École, mais il avait tiré grand profit de son court passage dans la pratique de la profession d'ingénieur. Aussi n'était-il pas embarrassé pour l'organisation de son enseignement et nous avons retrouvé dans ses papiers des notes des plus intéressantes, notamment sur la théorie des ponts métalliques, lesquelles font vivement regretter que l'ensemble de son cours, qui embrassait un champ extrêmement étendu, n'ait pas été conservé.

Malgré ses occupations officielles, Marché trouvait le temps de faire quelques travaux en dehors pour venir en aide aux émoluments modestes que comportait le faible budget de l'École, et de plus il trouvait encore le loisir de rédiger pour diverses publications des notices scientifiques. Nous citerons entre autres un travail très remarquable sur la traversée des Alpes par un chemin

de fer, publié dans le *Bulletin de la Société Vaudoise des sciences naturelles* en 1861. Ce travail comprend l'analyse de l'étude de la traversée des Alpes par le Simplon, d'Eugène Flachat, et une discussion complète de divers autres tracés proposés pour la solution de cette question.

Des circonstances de diverses natures obligèrent Marché à quitter une situation où son intelligence et sa capacité avaient été universellement appréciées et nous le retrouvons en 1863 à Paris. chef du bureau des études du matériel au chemin de fer de Ciudad Real à Badajoz, sous les ordres de MM. Molinos et Pronnier.

De 1865 à 1870 il s'occupa pratiquement de métallurgie, comme directeur d'abord des forges de Pas-Bayard (Aisne) puis des forges et du haut fourneau de Bordoulet dans l'Ariège. C'est dans cette partie de sa carrière que Marché acquit cette connaissance approfondie du métal qui lui fut si utile pour ses travaux sur la résistance du fer et de l'acier, qui a toujours été son étude de prédilection.

Après la guerre, Marché entra au chemin de fer du Nord de l'Espagne sous les ordres d'Eugène Flachat qui ne tarda pas à apprécier sa valeur, et il y conquit tous ses grades jusqu'à l'éminente situation qu'il occupait encore à la veille de sa mort.

La substitution de l'acier au fer pour les rails était alors l'objet des préoccupations des ingénieurs de chemins de fer. Marché était à même d'apporter dans l'étude de cette grave question l'expérience et les connaissances spéciales acquises par lui dans la pratique de la métallurgie. Aussi la Compagnie du Nord de l'Espagne fut-elle une des premières à entrer dans cette voie qu'Eugène Flachat, son Ingénieur-Conseil, avait tracée depuis quelques années déjà par des travaux considérables insérés dans nos Bulletins. Cette substitution s'étendit non seulement aux rails, mais encore au matériel roulant pour les essieux et les bandages. Marché eut donc à surveiller des fournitures d'acier d'une très grande importance, ce qui lui permit de réunir de nombreux documents sur cette question alors encore très neuve.

On sait que la voie espagnole est plus large que la voie française de $0^{m},236$. La Compagnie du Nord de l'Espagne, qui faisait construire en France la plus grande partie de son matériel roulant, était obligée de l'expédier démonté, ce qui donnait lieu à des surcroîts

de dépenses et à des pertes de temps. Pour obvier à ces inconvénients, Marché eut l'idée de faire faire les portées de calage des essieux assez longues pour qu'on pût caler d'abord les roues à l'écartement des voies françaises, de manière à faire circuler les véhicules sur leurs roues jusqu'à la frontière. Une fois là, les roues étaient décalées, puis recalées de manière à correspondre à l'écartement de la voie espagnole. Cette opération, jugée assez hardie lorsqu'elle fut proposée, réussit de la manière la plus complète et l'exploitation n'eut, contrairement aux craintes exprimées, à signaler aucun accident attribuable au double calage successif des roues.

Ce moyen est devenu usuel aujourd'hui pour l'expédition du matériel de chemin de fer de provenance continentale en Espagne.

Eugène Flachat, sentant ses forces s'épuiser, avait désigné notre collègue comme le plus apte à lui succéder dans ses importantes fonctions. Ce fut alors que M. Isaac Pereire, Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer du Nord de l'Espagne, l'initia à la direction de toutes les grandes entreprises dont il s'occupait. Appréciant sa vive intelligence, il en fit bientôt son collaborateur pour l'étude des questions économiques et sociales auxquelles il se livrait à la fin de sa vie.

Nous ne pouvons passer sous silence, dans cet ordre d'idées, l'organisation d'une caisse de retraites pour le personnel du chemin de fer du Nord de l'Espagne. Cette institution, la première de ce genre créée en Espagne, diffère de celles qui existent en France en ce que la Compagnie en fait exclusivement les frais par un prélèvement annuel opéré sur ses bénéfices, sans qu'il soit fait aucune retenue sur le traitement des employés. Cette œuvre humanitaire, fondée en 1873, a déjà atteint un haut degré de prospérité, grâce aux fonds généreusement et régulièrement mis à sa disposition par la Compagnie du Nord de l'Espagne.

Les nombreuses affaires industrielles dont Marché eut à s'occuper exigeraient une longue nomenclature ; nous citerons pour ainsi dire au hasard les recherches et la mise en exploitation des mines d'or d'Ouro-Preto et de Passagem (Brésil), affaire actuellement en pleine prospérité; l'installation de la fabrication des chaînes en acier sans soudure par le système Oury à Terrenoire, diverses affaires de chimie industrielle, pour arriver aux questions,

relatives à l'industrie du gaz qui méritent une mention spéciale (1).

Ce fut en 1872 que Marché entra comme ingénieur à la Société du Gaz de Madrid, compagnie française née sous l'inspiration de Isaac Pereire, pour assister Eugène Flachat dans ses fonctions d'Ingénieur-Conseil. A cette époque, la compagnie du Gaz de Madrid se trouvait dans la dépendance directe d'une Société financière qui garantissait le revenu des actions. Marché eut, dès son entrée dans cette affaire, à s'occuper, sous la haute direction d'Isaac Pereire, de la constitution indépendante de la Société. Dès 1873, on récompensait ses services en le nommant Ingénieur secrétaire du Conseil de la Compagnie. A partir de cette époque, notre collègue eut dans ses attributions toutes les questions techniques se rapportant à l'industrie du gaz. Une des plus importantes fut, à l'occasion des fuites nombreuses qui se présentaient dans la canalisation de la ville de Madrid, l'étude des conditions du remaniement de cette canalisation et l'exécution de cette importante opération. Cette étude fut résumée dans un mémoire présenté quelques années plus tard à un des congrès de la Société technique de l'industrie du gaz en France.

En présence de l'extension extraordinaire que prenait la consommation du gaz à Madrid, les gazomètres de l'usine étaient devenus insuffisants, et Marché eut l'idée de modifier ces gazomètres par l'application du système télescopique, solution doublement économique, en ce qu'elle évite l'acquisition coûteuse de nouveaux terrains et la construction toujours onéreuse de nouvelles cuves. On peut revendiquer pour notre collègue l'honneur d'avoir été un des premiers à réaliser cette heureuse solution d'un problème délicat.

Nous citerons à cette occasion un fait qui met bien en relief la double qualité de sûreté de jugement et d'énergie dans la mise en pratique qui caractérisaient notre regretté camarade.

En 1878, à la veille du mariage du roi, le directeur de l'usine de Madrid venait de donner sa démission ; la Compagnie était fort embarrassée pour lui désigner un successeur. Dans ces conditions particulièrement difficiles, Marché est envoyé à Madrid pour prendre provisoirement la direction. Il arrive le matin, trouve les

(1) Nous devons les renseignements relatifs à l'industrie du gaz à l'obligeance de M. G. Levi, ingénieur de la Compagnie Madrilène du gaz et membre de la Société.

services désorientés, le chef de fabrication déclarant qu'il ne peut, avec les moyens dont il dispose, fournir le gaz nécessaire aux illuminations. Marché passe la journée à étudier les besoins, les ressources, les moyens de mettre celles-ci à la hauteur des premiers. Le soir même, il prescrivait les mesures à prendre et le succès fut complet, les illuminations furent brillantes et bien peu de personnes à Madrid surent par quelles anxiétés avait passé pendant 24 heures le personnel de l'usine à gaz.

Ce fut en qualité d'Ingénieur du gaz de Madrid que Marché entra comme secrétaire, pour devenir ensuite vice-président et plus tard président, au Comité de la Société technique de l'industrie du gaz, Société à la formation de laquelle il participa d'une manière très active et dont le but était notamment de réunir dans un congrès annuel les directeurs des diffèrentes usines françaises, pour y discuter les diverses questions techniques et y étudier les moyens de développer l'industrie du gaz.

Marché s'intéressait vivement à ces congrès ; il y jouait toujours un rôle très actif, soit en y faisant lui-même des communications, soit en prenant part aux discussions des mémoires présentés. On sait qu'à la suite de l'Exposition de 1878, les questions d'électricité prirent une importance considérable et qu'une lutte sérieuse sembla s'ouvrir entre les gaziers et les électriciens.

Notre collègue fut un des premiers à comprendre que le gaz ne pouvait espérer la victoire qu'en abandonnant résolument les anciens errements et en rajeunissant ses procédés, sinon de production, tout au moins de consommation et, dans cet ordre d'idées, il n'hésita pas à se déclarer le champion des becs à air chaud. En 1881, il communiquait au Congrès de la Société technique qui se tenait cette année-là à Nantes, une note sur les becs régénérateurs Siemens, note dans laquelle il faisait ressortir les avantages techniques et économiques de ce système. On peut dire dès aujourd'hui que les prévisions émises par notre collègue se sont réalisées de tout point, en présence de l'adoption, dans tous les endroits où un éclairage intense est nécessaire, des becs intensifs de divers systèmes qui procèdent tous plus ou moins du bec Siemens.

Au même Congrès de Nantes, Marché, dans un autre mémoire, posait le problème, non encore parfaitement résolu, de la distribution de la lumière sur les voies publiques et dans les grandes villes.

L'exposition d'électricité de 1881 qui fut si brillante, devait être pour Marché l'occasion de nouveaux travaux et de nouvelles études, il se livra corps et âme à l'organisation des conférences dont le but était d'initier ceux pour lesquels le langage de la science de l'électricité était inconnu, à l'étude de cette science et de les mettre à même de juger en connaissance de cause les nombreux appareils dont les applications devaient produire une révolution, dont nous ne voyons peut-être encore que les débuts.

Grâce à sa vive intelligence et à sa prodigieuse puissance de travail, notre collègue s'assimila avec une promptitude extraordinaire ce qui lui était nécessaire pour suivre les travaux du Congrès des électriciens dont il fut nommé Vice-Président. Il prit une part importante à la discussion relative au transport du travail à distance par l'électricité, question qui l'intéressait particulièrement, car, dès 1879, il présentait au Congrès du Gaz une série de notes concernant l'éclairage électrique, dans lesquelles il exposait les difficultés que l'on aurait à opérer économiquement le transport à distance, rendu doublement onéreux, tant par les frais d'établissement que la perte de travail qu'il entraîne. Or, ces deux inconvéniments, ajoutait notre collègue, croissent si rapidement avec la distance, qu'ils lui imposent des limites pratiques très restreintes.

Ce fut dans le but d'approfondir cette importante question qu'il accepta, en collaboration avec MM. Tresca et Potier, la mission de contrôler les expériences entreprises par notre collègue, M. H. Fontaine, dans les ateliers de la Société Électrique, sur la transmission des forces à distance au moyen des machines Gramme. La mort de Henri Tresca d'abord, puis la maladie et la mort de Marché ne permirent point de terminer ces expériences qui ont précédé celles de Creil.

Quoi qu'il en soit, Marché ne contestait point qu'au point de vue de l'éclairage, l'électricité ne présentât des avantages dans des conditions déterminées, mais il n'était pas de ceux qui pensent qu'au point de vue économique, il était immédiatement possible de substituer l'électricité au gaz. Pour se rendre compte du coût des installations électriques, il aida notre collègue M. Ellissen dans la création d'un laboratoire d'électricité dont il exposa le programme dans la dernière communication qu'il fit au Congrès du Gaz en 1884.

Marché n'avait jamais perdu le goût du professorat et ce fut pour notre collègue la satisfaction d'une suprême ambition que le choix qui fut fait de lui pour le cours de chemins de fer à l'École Centrale.

Cette satisfaction devait durer bien peu, ce surcroît de travail, surtout avec l'habitude qu'avait Marché de ne jamais ménager ses forces intellectuelles, acheva de ruiner sa santé déjà fort ébranlée. On l'engagea à essayer du repos et le Conseil de l'École mit toute la bienveillance possible pour concilier la situation de notre collègue et la régularité du service. Mais il était trop tard et ce fut un moment bien cruel que celui où Marché dut reconnaître son impuissance à reprendre la lutte et la nécessité de renoncer à une situation qui lui tenait tant à cœur.

Il nous reste à rappeler le rôle considérable que Marché a rempli dans notre Société.

Comme nous le disions au début de cette notice, notre collègue a eu la rare fortune d'épuiser tous les honneurs que peut décerner la Société des Ingénieurs Civils; nous disons rare, mais non unique, car le même fait se présente pour le sympathique Président que la Société s'est donné pour 1887.

Nommé secrétaire en 1871, Marché entra au Comité en 1875, devint Vice-Président en 1880 et occupa le fauteuil de la Présidence en 1883.

Ces honneurs n'étaient du reste que la récompense de l'intérêt et du dévouement que notre collègue portait à la Société et qui se traduisirent d'abord tant par les travaux dont il enrichit nos Bulletins que par l'ardeur qu'il apportait au recrutement de nouveaux membres. Notre ancien Président, M. Gottschalk, a bien voulu, dans son discours de fin d'année en 1881, rappeler qu'une certaine raison sociale de parrains, dans laquelle figurait le nom de Marché, a été pour ainsi dire légendaire pendant plusieurs années pour les présentations de candidats.

Les travaux que Marché a fournis à la Société sont d'un ordre supérieur, mais ils n'embrassent pas des sujets variés ; sauf quelques communications ou comptes rendus d'importance secondaire, ils ont trait uniquement à la résistance des matériaux et aux questions de transport par chemins de fer. On pouvait s'y attendre, car ces questions étaient celles qu'il avait particulièrement à travailler dans sa situation officielle.

En 1869, Marché rendait compte à la Société d'un ouvrage de M. Haughton, Ingénieur-Conseil du London and North Western Railway sur *les poids utiles et les poids morts traînés en 1867 par la locomotive.* L'ingénieur anglais, s'appuyant sur les documents statistiques des lignes de la Grande-Bretagne, arrivait à la double conclusion que les machines locomotives ont une très faible utilisation par rapport au temps et par rapport à la puissance qu'elles peuvent développer normalement, et que l'énorme poids mort, que le transport d'une tonne utile exige, justifie les tarifs élevés des Compagnies et s'oppose à leur abaissement.

Marché faisait remarquer avec raison que la première question ne ressortait pas assez nettement des chiffres de M. Haughton et que, pour la seconde, l'argumentation de celui-ci était incomplète. Il ne suffit pas de présenter les résultats bruts, il faut en rechercher les causes, montrer qu'elles n'incombent pas aux Compagnies, mettre en lumière à quel prix énorme le public achète la fréquence et la régularité, analyser enfin les phénomènes, peu prévus à l'origine, auxquels donne naissance le mouvement des chemins de fer.

L'analyse de la brochure de M. Haughton donnant à Marché l'occasion d'entrer dans l'étude de cette grave question des transports par voie ferrée, il fut conduit à aller plus avant et à se livrer aux recherches nécessaires pour arriver à mettre en regard des chiffres relatifs à l'exploitation des lignes anglaises les résultats obtenus en France. Ces recherches exigèrent un travail considérable et se traduisirent par un mémoire original présenté en 1870 sous le titre : *Le poids mort dans les transports par chemins de fer et son influence sur le prix de revient des transports.*

Dans ce travail, au moyen des statistiques contenues dans les comptes rendus présentés par les Compagnies aux assemblées générales d'actionnaires, et malgré les difficultés résultant principalement des différences de détail qu'on rencontre d'une Compagnie à l'autre dans ces documents, l'auteur se proposait de déterminer, pour chaque espèce d'unité, voyageurs et marchandises à grande et à petite vitesse, le poids total de l'unité, poids utile, véhicules et machines, sur l'ensemble et sur chacune des six grandes lignes françaises en 1868. La connaissance de ce poids permettait d'obtenir le prix de revient des transports sur voies ferrées et, en le

comparant aux tarifs appliqués, de tirer des conclusions dont l'essence est que les tarifs actuels ne donnent des bénéfices, les dépenses d'exploitation et la rémunération des dépenses de premier établissement étant couvertes, que lorsque l'intensité du mouvement est supérieure à 1500 unités transportées par jour à la distance entière.

Or, cette condition ne se réalisait pour l'année considérée que sur les lignes de l'ancien réseau, pour lesquelles le mouvement variait de 1878 à 3970 unités, tandis que pour le nouveau réseau les chiffres correspondant n'allaient que de 519 à 1254, ce qui démontre surabondamment que l'exploitation du nouveau réseau laisse les Compagnies en perte.

Ce mémoire fut récompensé par la médaille d'or de la Société qui fut remise à Marché dans la séance du 21 juin 1872.

Pour ne pas sortir du même ordre d'idées, nous franchirons quelques années, pour arriver à la communication de 1876, sur *le Mécanisme des tarifs pour les transports à petite vitesse sur les chemins de fer français*.

L'objet de cette communication était l'examen des lois suivant lesquelles les Compagnies font varier les prix unitaires d'après les diverses circonstances qui interviennent, savoir la nature des marchandises, les distances parcourues, l'importance des expéditions, les délais de livraisons, la situation géographique des régions desservies, les responsabilités encourues, etc., ce qui comporte l'étude successive des tarifs généraux, des tarifs spéciaux et des tarifs communs.

Les tarifs généraux, qui servent de point de départ, sont régis par des barêmes que l'auteur représentait par des tracés graphiques ayant les distances pour abscises et les prix pour ordonnées.

Sans aller plus loin dans l'analyse de cet important mémoire, nous nous bornerons à indiquer qu'il concluait à une revision générale des tarifs, dans le sens de la simplification et de l'adoption d'un mécanisme uniforme de tarification.

Ce travail fut complété l'année suivante par la présentation dans la séance du 15 juin 1877 d'une série de tableaux statistiques relatifs à l'exploitation des six grandes Compagnies françaises pour les années 1868 et 1876. Ces tableaux permettaient de comparer le trafic et les dépenses à huit années d'intervalle ; de cette com-

paraison ressortait une augmentation de trafic de 9.6 0/0 entre les deux dates.

Malheureusement, pour des raisons de diverses natures, Marché ne put mettre la dernière main à ce travail dont tous les éléments étaient réunis et par suite le mémoire relatif aux deux dernières communications n'a jamais été publié dans les Bulletins de la Société. Le compte rendu qui a paru dans les procès-verbaux des séances ne peut que le faire regretter.

Nous passons maintenant à la revue des travaux de notre collègue qui se rapportent aux questions de résistance des matériaux.

Comme nous l'avons dit, Marché, attaché comme ingénieur au service central de la Compagnie du Nord de l'Espagne, eut à étudier les cahiers des charges et les conditions d'épreuves, soit pour les rails soit pour les essieux et bandages d'acier, et à surveiller le service des réceptions. Il se trouva naturellement introduit en plein cœur de la question, tant au point de vue de la théorie qu'à celui de la pratique, et sa situation officielle lui permit de réunir un grand nombre de documents et de faits d'expérience.

Ce fut en 1874 à l'occasion du compte rendu fait par lui de l'ouvrage de notre collègue, M. Hippolyte Fontaine, sur l'Exposition de Vienne que Marché aborda devant la Société l'examen des questions de résistance des matériaux. L'ouvrage que nous venons de mentionner reproduisait une note publiée par MM. Schneider et Cie sur leur exposition donnant la classification des diverses qualités d'aciers fabriqués au Creusot. Arrivé à cette partie, Marché, prenant la question d'une manière plus large, comparait avec la série des aciers du Creusot les classements de l'usine de Seraing et ceux d'usines autrichiennes. Il appelait l'attention sur la nécessité d'étendre le champ des observations et, notamment, d'examiner la loi des allongements permanents, établissant que, dans les limites de la pratique, l'allongement à la rupture est bien réellement en relation avec la dureté et la pureté de l'acier et peut, dès lors, servir de base sérieuse à un classement raisonné. Il terminait par l'examen détaillé des épreuves à la flexion et au choc stipulées dans les cahiers des charges, stipulations qui ont pour effet de définir indirectement les aciers exigés, en appelant l'attention sur l'utilité qu'il y aurait à y joindre la définition des essais à la traction, déjà ntroduite dans certains cahiers des charges, à la condition toute-

fois, pour ne pas impliquer de contradictions, de rechercher préalablement la relation qui existe, pour les mêmes pièces, entre les flèches permanentes et allongements permanents obtenus dans les divers genres d'épreuves.

En 1876, Marché reprenait la question dans une communication intitulée : *Propriétés physiques des aciers et lois de la déformation permanente* dans laquelle, discutant un grand nombre d'essais faits sur des rails, essieux et bandages d'acier de diverses provenances, et étudiant successivement les différents genres d'épreuves, il établissait des rapprochements entre les diverses définitions d'aciers exigés par les différentes Compagnies de chemins de fer. La conclusion naturelle était l'utilité de se mettre d'accord pour fixer les limites extrêmes de dureté qu'il convient d'exiger des aciers pour les divers usages, tant dans l'intérêt des producteurs que dans celui des consommateurs.

Nous signalerons dans le même ordre d'idées une communication de 1878 sur des *Expériences sur des barres d'acier faites à Terre-Noire,* laquelle donna lieu à une intéressante discussion et une analyse du mémoire de M. Barba sur la résistance à la traction et l'allongement des métaux après rupture, donnée en 1880.

On peut rattacher à ces mêmes études, bien qu'ayant été faite dans un autre milieu, la conférence sur la production et les emplois de l'acier donnée par Marché au Trocadéro, en 1878, à l'occasion de la réunion du Congrès du *Génie Civil* dont il était un des secrétaires.

Nous devons également citer, quoi que n'étant pas sous forme de communication à proprement parler, le rôle important pris par Marché à l'Exposition d'électricité en 1881 et dont la trace se retrouve à chaque instant dans le résumé des séances-visites de la Société à cette Exposition, séances-visites dont il avait été l'organisateur et dont il avait assuré le succès, disait M. le Président Mathieu dans un de ses discours.

Notre collègue ne ménageait à la Société ni son temps ni son dévouement ; nous citerons encore la part considérable qu'il prit à la discussion et à la rédaction des modifications proposées aux statuts par la Commission nommée à cet effet. On sait que ces modifications, dont certaines étaient des plus utiles et s'imposeront certainement un jour, formaient un ensemble si vaste qu'il effraya quelque peu la Société et fit maintenir le *statu quo*.

Marché était désigné pour la présidence, on peut dire que ce n'était pour les moins enthousiastes de nos collègues qu'une question de date. Accueillant avec la satisfaction qu'elle méritait cette dignité suprême de la Société, notre collègue ne négligea rien pour en remplir dignement les devoirs. Il tint à honneur de laisser un souvenir vivace de son passage ; c'est à sa présidence qu'on doit en effet l'institution du banquet commémoratif de la fondation de la Société le 4 mars, et les déplacements de la Société, qu'il inaugura par le voyage au Havre pour la visite de *la Normandie* et par l'excursion en Hollande, au sujet de l'exposition d'Amsterdam ; cette dernière établit avec nos collègues de Belgique et de Hollande des relations qui devaient se continuer les années suivantes par de nouvelles rencontres, lesquelles ont laissé à beaucoup d'entre nous de bien agréables souvenirs.

Ce coup d'œil en arrière est assombri malheureusement, car nous ne saurions oublier que c'est en partant pour Amsterdam que Marché éprouva à Bruxelles le premier symptôme du mal qui devait l'emporter moins de trois ans après. Cette première attaque ne laissa pas de traces sérieuses et on pouvait espérer que la santé de notre ami n'était pas irréparablement compromise, lorsque l'année suivante une nouvelle crise, survenue dans le bureau même de M. Gottschalk, vint montrer la gravité du mal.

A partir de ce moment, Marché dut interrompre ses occupations régulières, puis cesser peu à peu tout travail intellectuel. Ce ne fut toutefois qu'avec bien de la peine et sur les instances de ses amis et de ses collaborateurs qu'il se décida à aller chercher dans le Midi une amélioration qu'il n'y trouva pas. Dès lors il déclina rapidement, et une dernière attaque l'enleva dans la nuit du 20 avril 1886.

Puissent les témoignages universels de regrets et de sympathie qui se produisirent à cette occasion et qui sont un gage du souvenir que conserveront de notre collègue tous ceux qui l'on connu, être une consolation pour la digne et courageuse compagne dont le dévouement l'a entouré jusqu'à la dernière minute.

CHRONIQUE

Sommaire. — Condensation dans les cylindres des machines. — Acide carbonique solide et liquide. — Le métal Mitis. — Les fils télégraphiques en fer et en cuivre. — Ventilation du tunnel de la Mersey.

Condensation dans les cylindres des machines. — Les premières expériences sur l'influence de la nature des parois dans la condensation de la vapeur dans les cylindres paraissent avoir été faites en 1866 par M. Ch. Emery, alors ingénieur-adjoint de la marine des États-Unis. Elles furent faites au cours d'expériences sur la détente de la vapeur exécutées aux frais du gouvernement américain dans les *Novelty Iron Works*, à New-York, sous la direction de M. B. Isherwood, alors Ingénieur en chef de la marine des États-Unis.

M. Emery opéra d'abord sur trois petits cylindres en fer, en fer émaillé et en verre. Les deux premiers étaient simplement des bouts de tubes à gaz de 38 millimètres de diamètre et $0^{m},455$ de longueur. Les trois tubes étaient fermés à une extrémité et rattachés par l'autre à un tiroir qui les mettait alternativement en communication avec une chaudière et avec un serpentin plongé dans l'eau; la vapeur condensée était recueillie et mesurée. On s'était assuré par un jaugeage préalable que tous les cylindres avaient exactement la même capacité intérieure et par conséquent la même surface. Les cylindres étaient recouverts extérieurement avec du feutre pour empêcher le rayonnement, et le mouvement du tiroir était réglé de manière à graduer l'arrivée et la sortie de la vapeur d'une manière analogue à ce qui se passe dans une machine.

Avec de la vapeur à 1, 5 kilog. de pression, et pour le même nombre de mouvements du tiroir, le tube en fer émaillé accusait 26 0/0 de vapeur de moins que le tube en fer nu, et le tube de verre 52 0/0 de moins. D'autres expériences faites avec de la vapeur à la même pression, mais séchée par son passage dans un tube enveloppé de vapeur à 5 kilos de pression, montrèrent une économie de 30 0/0 pour le tube émaillé et de 60 pour le tube de verre.

Ces résultats étaient assez encourageants pour engager à répéter les expériences sur une machine. Aussi construisit-on uu petit appareil moteur avec deux cylindres de $0^{m},20$ de diamètre sur autant de course, agissant tous les deux sur le même arbre; ces deux cylin-

dres dont l'un était en fonte nue et l'autre en fonte émaillée avaient des condenseurs séparés pour qu'on pût faire la comparaison des poids de vapeur passant dans chacun pour le même nombre de tours. On eut de grandes difficultés pour le cylindre émaillé, parce que l'émaillage fait à une température élevée déforma le cylindre de telle façon que plusieurs durent être rejetés. On fut obligé de roder l'émail pour rétablir la forme cylindrique. Le piston, également émaillé, reçut une garniture en chanvre qu'on eut beaucoup de peine à maintenir étanche.

Dans ces expériences la résistance était fournie par un ventilateur dont on réduisait plus ou moins l'orifice de sortie. Avec de la vapeur à 5 kilos, l'économie moyenne obtenue avec le cylindre émaillé fut trouvée de 17 0/0 et l'économie maxima de 27. Mais ces expériences ne purent être prolongées à cause de l'usure de l'émail qui avait par endroits une épaisseur presque nulle à cause du rodage qu'on avait dû lui faire subir. Cette usure laissait la fonte à nu et les conditions de l'expérience se trouvaient modifiées.

On fit un dernier essai avec un cylindre contenant un piston à fourreau frottant sur des garnitures annulaires placées dans le milieu du cylindre. Les parois et les fonds de celui-ci étaient recouvert de verre d'une épaisseur de 12 millimètres. Les lumières étaient pratiquées dans les fonds et avaient leurs parois émaillées avec soin. Mais, malgré toutes les précautions prises pour échauffer lentement le cylindre à la mise en marche, il se produisit des dilatations inégales dont la conséquence fut la rupture des garnitures en verre et la mise hors de service de l'appareil, ce qui mit fin aux expériences après plusieurs tentatives infructueuses de réparation.

Quelques années plus tard, on reprit la question et on fit de nouveaux essais dans cette voie aux ateliers de MM. Hecker frères, à New-York. On opéra sur une petite machine avec deux cylindres combinés de façon à faire un appareil compound. Les résultats n'ont pas été publiés ; tout ce qu'on sait est qu'ils semblent indiquer que la disposition compound donne à peu près toute l'économie qu'on peut espérer de l'emploi de matières d'une faible capacité calorifique pour les parois des cylindres.

Enfin, tout récemment, M. G. Westinghouse disposa une machine de son système avec des fonds de cylindre et un piston émaillés. On ne constata aucune économie appréciable, ce qu'on peut attribuer à la grande vitesse du fonctionnement (1), qui ne laisse pas aux changements de température le temps de s'opérer d'une manière sensible et aussi en partie à ce qu'une portion seulement des surfaces du cylindre se trouve modifiée.

A l'appui de la première raison, M. Emery cite des expériences

(1) Il est à regretter que cette vitesse ne soit pas indiquée. A. M.

faites pour rechercher l'influence de la vitesse sur la consommation avec pression et introduction constantes, dans cette même machine Westinghouse.

Pression de la vapeur.	5,70 kilos.
Vide.	0,61 »
Introduction	$0^m,45$ (1) »

Nombre de tours par minute.	Eau par cheval indiqué et par heure.
30.51	18.23 kilos.
44.96	16.08 »
58.34	15.67 »
60.23	15.62 »
80.21	14.31 »
105.61	13.31 »

M. Emery considère que ces consommations de vapeur, très favorables pour une machine de faibles dimensions, tiennent peut-être en partie à l'émaillage qui était resté sur les fonds du cylindre et dans les lumières et qui réduisait assez notablement la surface condensatrice.

Ces renseignements ont été donnés par M. Emery dans une conversation tenue dans une des réunions de la Société américaine des Ingénieurs mécaniciens.

Nous avons eu occasion, dans une communication faite il y a plusieurs années (voir mémoire et compte rendu de la Société des Ingénieurs civils 1877, page 947), de mentionner des expériences faites dans l'ordre d'idées qui nous occupe sur la machine d'un bateau à vapeur belge. Bien qu'on annonçât des résultats très favorables, ces expériences paraissent n'avoir eu aucune suite et il n'y a guère lieu de s'en étonner.

Acide carbonique liquide et solide. — La fabrication de l'acide carbonique liquide commence à prendre un certain développement en Allemagne où on l'emploie à divers usages.

Le docteur Raydt, de Hanovre, qui s'est beaucoup occupé de cette question, en avait fait une première application en 1879 à Kiel, dans des expériences faites en vue de préparer le relèvement du cuirassé allemand *Grosser Kurfurst* coulé dans la Manche à la suite d'une collision. Avec 40 kilogrammes d'acide carbonique liquide renfermé dans un récipient communiquant avec des sacs en toile imperméabilisée, on put élever à la surface de l'eau en huit minutes par la simple ouverture d'un robinet un bloc de pierre pesant 16 tonnes. La grande

(1) Nos confrères américains ont souvent le tort de spécifier la détente par la distance absolue de l'origine de la course à laquelle cesse l'admission ; c'est très bien lorsqu'on donne en même temps la course de la machine ; mais si, comme dans le cas actuel, cet élément n'est pas indiqué, la donnée n'a aucune signification. A. M.

difficulté était à cette époque la difficulté de se procurer l'acide liquide à un prix abordable.

La question de la production industrielle de cette matière fut résolue plus tard par M. Krupp, d'Essen, qui établit dans ses usines un matériel de pompes de compression destiné à liquéfier l'acide pour l'employer tant à refroidir des noyaux pour la coulée de certaines pièces d'acier qu'à exercer sur le métal liquide des pressions énergiques allant jusqu'à 75 atmosphères.

Il se créa ensuite à Berlin une Compagnie pour la production de l'acide carbonique, laquelle fabrique aujourd'hui journellement 80 récipients contenant chacun 8 kilogrammes, soit 640 kilos d'acide liquide représentant environ 320 mètres cubes de gaz.

La majeure partie de ce produit est employée à la fabrication des eaux minérales artificielles et surtout au tirage de la bière pour remplacer l'air comprimé dont on faisait usage auparavant. Un récipient de 8 kilos qui se vend 20 francs, ce qui fait 2 fr. 50 le kilo, suffit au tirage de 25 à 30 hectolitres de bière.

Voici la relation qui existe entre les températures et les pressions produites par la vaporisation de l'acide carbonique liquide :

à	— 79	degrés centigrades	1.2	atmosphères
	— 10	»	27.5	»
	+ 5	»	40.5	»
	+ 20	»	58.0	»
	+ 30	»	73.0	»

Les récipients sont en fer et éprouvés à 250 atmosphères. Du reste il n'est encore arrivé aucun accident, bien qu'il ait été livré au commerce près de dix mille de ces récipients.

Si on laisse l'acide liquide s'échapper dans un sac d'étoffe de laine, il se produit par la vaporisation du liquide un abaissement énorme de température en présence duquel une partie de l'acide se solidifie sous forme de neige. La compression amène cette neige à l'état d'une matière ressemblant à de la craie et à laquelle on peut donner un poids spécifique de 1.5. En l'enveloppant de substances non conductrices, on peut la conserver 12 à 15 heures ; elle disparaît peu à peu sous forme gazeuse.

Il est probable que ces propriétés pourront être utilisées dans l'industrie. Le docteur Raydt cite quelques expériences intéressantes faites par M. Krupp relativement à la pression obtenue par la vaporisation de l'acide carbonique liquide :

1° A une température constante de 100 degrés centigrades, dans un récipient pouvant contenir plein 134 grammes d'acide liquide, 36.5 grammes de liquide donnent une pression de 90 atmosphères ; 88.5 grammes, une pression de 247 ; enfin la presque totalité du récipient, une pression allant jusqu'à 760 atmosphères;

2° Le récipient étant rempli et la température élevée graduellement,

la pression qui à 105 degrés était de 775 atmosphères est montée à 988 à 143 degrés et à 1100 à 161 degrés.

Il est possible qu'on puisse utiliser pour certaines opérations ou expériences des pressions aussi formidables obtenues avec autant de facilité.

Le métal Mitis. — Le métal « Mitis » dont M. Peter Ostberg. de Stockolm, est l'inventeur, est une sorte de fer ou d'acier coulé obtenu par un procédé des plus ingénieux. Ce procédé est basé sur ce fait bien connu que certains alliages ont un point de fusion notablement inférieur à ceux des métaux qui le composent.

On chauffe à la température la plus élevée possible dans un creuset du fer en tournure et on y ajoute de la fonte contenant quelques centièmes d'aluminium.

Comme le point de fusion de l'alliage de fer et d'aluminium est de 250 degrés au-dessous de la température des métaux composant l'alliage, le métal devient très liquide; on peut le couler dans des moules sans être obligé de se presser, et sa fluidité facilite l'échappement des gaz, de sorte qu'on obtient des pièces très saines et d'une ténacité très considérable.

Les fils télégraphiques en fer et en cuivre. — On tend actuellement à substituer le cuivre au fer pour les fils télégraphiques aériens; le premier métal est moins altérable par les intempéries, mais, son prix étant plus élevé, on est conduit à réduire le diamètre des fils.

Cette réduction n'a pas d'inconvénients, parce que la résistance électrique du cuivre, comparée à celle du fer, est à peu près en raison inverse du prix de l'unité de poids, de sorte qu'il n'y a pas d'augmentation de frais d'établissement.

D'après M. W. H. Preece, le cuivre a une supériorité réelle au point de vue de la transmission des signes télégraphiques, les vitesses comparatives étant les suivantes avec les deux métaux :

	Cuivre.	Fer.	
Fonctionnement simple	414	345	mots par minute.
» en duplex	270	237	» » »

Cette supériorité du cuivre pour la transmission a une grande importance, parce que non seulement elle apporte des améliorations au service, mais aussi parce qu'elle permet de supprimer dans certains cas des relais intermédiaires qui, autrement, sont nécessaires sur les lignes de très grande longueur.

Un point intéressant mis en lumière par les expériences dont parle M. Preece est que la supériorité du cuivre n'est pas seulement due à sa moindre résistance au passage des courants, mais qu'elle tient encore à ce que ce métal se prête mieux que le fer à la rapide inver-

sion des courants ; car, lorsqu'on égalise par l'introduction de bobines de résistance ou de condensateurs la résistance et la capacité de conducteurs de cuivre et de conducteurs de fer, la vitesse ne diminue pas sensiblement pour les premiers. Peut-être les propriétés magnétiques du fer jouent-elles un rôle dans cet effet. On sait que le cuivre donne de meilleurs résultats que le fer pour l'établissement des réseaux téléphoniques.

M. Preece a appelé également l'attention sur la rapidité de transmission qu'on obtient aujourd'hui avec les appareils automatiques de Wheatstone employés par le Post Office. D'années en années cette rapidité s'est accrue, comme on peut en juger par les chiffres ci-dessous :

1877	80	mots par minute.
1878	100	» » »
1879	130	» » »
1880	170	» » »
1881	190	» » »
1882	200	» » »
1883	250	» » »
1884	350	» » »
1885	420	» » »

Ces renseignements sont extraits d'une communication faite par M. W. H. Preece à l'Association Britannique.

Ventilation du tunnel de la Mersey. — Nous avons, dans la chronique d'octobre page 519, dit quelques mots des ascenseurs du tunnel de la Mersey; le mode de ventilation employé pour maintenir une atmosphère relativement pure dans ce grand ouvrage souterrain n'est pas moins intéressant.

On sait que la longueur du tunnel entre les stations les plus rapprochées de James street à Liverpool et de Hamilton square à Birkenhead est de 1,700 mètres en nombres ronds. Le principe adopté pour la ventilation est d'introduire l'air dans chacune des stations d'où il passe dans le tunnel jusqu'au milieu où il est aspiré dans une galerie spéciale. On a donc le maximum de pureté sur les quais des stations.

Pour le calcul des ventilateurs, on a admis une consommation de 11,25 kilos de combustible par kilomètre (40 livres par mille), avec des trains se succédant à cinq minutes d'intervalle dans chaque direction ; on a supposé que le volume des gaz dégagés était de 1,800 litres par kilogramme de combustible, ce qui donne un volume de gaz de 13 mètres cubes par minute lesquels, dilués dans l'air dans le rapport de 1 à 500, conduisent à extraire dn tunnel un volume d'air vicié égal à 6,500 mètres cubes par minute, soit 3,250 par chacun des deux côtés.

Latéralement au tunnel se trouve une galerie de ventilation à section circulaire de 2m,25 de diamètre qui a été percée avec la machine Beaumont; cette galerie s'étend de Shore Road à Birkenhead à Whitechapel à Liverpool sur une longueur de 2,050 mètres et communique avec le tunnel par des ouvertures munies de vannes à coulisse disposées à différents points du tunnel et des stations.

Les ventilateurs employés sont du type Guibal avec une modification dans la forme du raccordement de la partie circulaire avec la cheminée; ce raccordement s'opère par un arc de cercle de grand rayon tangent à la fois à la circonférence et à l'arête extérieure de la cheminée; de plus, la circonférence de l'enveloppe en maçonnerie est prolongée par une cloison circulaire en tôle, de façon que la sortie de l'air s'opère toujours tangentiellement; cette disposition a pour but d'éviter les vibrations dues au passage de chaque aile devant l'ouverture de sortie. Ces vibrations sont fort désagréables dans les villes où elles se font sentir à une très grande distance. On paraît les avoir absolument supprimées par cet arrangement. Les ventilateurs sont au nombre de quatre, deux de 12 mètres de diamètre sur 3m,60 de largeur et deux de 9 mètres sur 3; il y en a un de chaque sorte à Liverpool et à Birkenhead. Chaque ventilateur est actionné par une machine compound tandem horizontale à condensation attelée directement sur l'arbre et par une machine auxiliaire simple sans condensation; on peut très rapidement séparer de l'arbre du ventilateur l'une ou l'autre des machines.

Les machines principales des grands ventilateurs ont des cylindres de 0m,506 et 0m,835 de diamètre et 0m,760 de course et les machines auxiliaires un cylindre de 0m,835 de diamètre et 0m,760 de course.

Les ventilateurs de 9 mètres ont des machines compound à cylindres de 0m,380 et 0m,610 de diamètre avec 0m,610 de course et des machines simples de 0m,610 de diamètre et autant de course.

Comme l'eau est rare du côté de Birkenhead, on ne condense pas; la vapeur d'échappement passe dans un réservoir contenant un réchauffeur d'eau d'alimentation d'où elle sort sans bruit sensible.

Pour la ventilation le tunnel est divisé en quatre sections desservies chacune par un des quatre appareils qui viennent d'être mentionnés. Mais en manœuvrant des portes de communication, on peut faire faire tout le travail à deux des appareils seulement, de sorte que toute chance d'interruption dans la ventilation se trouve écartée.

Le ventilateur de 9 mètres de Liverpool ventile par la galerie d'air la station de James street et la partie du tunnel comprise entre cette station et l'extrémité. Il débite environ 3,400 mètres cubes par minute.

Le ventilateur de 12 mètres du même côté ventile le tunnel entre la station de James street et le milieu du tunnel, l'air passant dans la

galerie par les orifices de communication; le débit est de 3,650 mètres cubes par minute.

Le ventilateur de 12 mètres du côté de Birkenhead ventile le tunnel entre le milieu et la station de Hamilton-Square, de la même façon et avec le même débit que le précédent.

Enfin, le ventilateur de 9 mètres de Birkenhead est chargé d'aérer la portion du tunnel comprise entre les stations de Hamilton-Square et Borough-Road; il débite environ 5,500 mètres cubes par minute.

Le débit total des quatre ventilateurs est donc de plus de 16,000 mètres cubes par minute, c'est-à-dire un septième de la capacité totale du tunnel. C'est deux fois et demie environ le volume trouvé par le calcul donné plus haut.

L'air frais est, comme on l'a indiqué déjà, admis par les stations et par les extrémités du tunnel, mais pour éviter aux stations de trop forts courants d'air, on utilise également partiellement les puits qui servent à l'extraction des eaux des deux côtés, en règlant à volonté l'introduction de l'air par ces puits.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Novembre 1886.

Rapport de M. Appert sur l'ouvrage : « l'**Œuvre des peintres verriers français** », de M. Lucien Magne.

Cet ouvrage, dans lequel M. Magne a consigné le résultat de ses travaux et de ses observations, comme architecte du gouvernement, comprend un volume de texte petit in-folio, édité avec luxe par la maison Firmin-Didot, avec cent vingt-deux planches tirées en typogravure, et un album de huit grandes planches obtenues en photogravure par les procédés Boussod et Valladon (ancienne maison Goupil).

Rapport de M. Pihet sur le **manchon élastique d'accouplement des arbres de transmission** de M. Raffard.

Ce manchon a pour objet de se prêter aux dénivellations des arbres accouplés, tout en évitant le bruit et les vibrations.

A cet effet chaque arbre à réunir est terminé par un manchon en forme de plateau portant des broches en saillie ; chaque broche est munie d'un galet en bronze. Toutes les broches d'un plateau sont disposées sur une même circonférence, mais le rayon de la circonférence n'est pas le même pour les deux plateaux. Chaque broche d'un plateau est reliée à la broche correspondante de l'autre plateau par un lien de caoutchouc en forme d'anneau passé sur les galets des broches.

Ce système, qui semble réservé aux transmissions à grande vitesse, est employé notamment pour l'accouplement des machines motrices et des dynamos.

Rapport de M. Édouard Simon **sur la machine à coudre** de M. Étienne Pechard.

Le rapport explique que, dans la machine dont il s'agit, l'inventeur

s'est efforcé de simplifier la construction, de dispenser l'ouvrier de l'intervention du mécanicien pour le montage et le réglage, de diminuer les pertes de temps et de régulariser la couture, quelle que soit la nature des tissus à travailler. L'économie de la construction n'a pas été négligée ; l'interchangeabilité des organes identiques n'exclut cependant pas la diversité des pièces, qu'il importe de ne pas confondre lorsque, après nettoyage, l'ouvrière remet l'appareil en état de marche.

Expériences sur les transmissions par engrenages, faites par MM. W. Sellers et Cie, de Philadelphie. (Extrait du *Portefeuille économique des machines.*)

Ces expériences ont été données dans un mémoire de M. W. Lewis. présenté à la reunion tenue à Boston en 1885 par la Société américaine des Ingénieurs mécaniciens.

Emploi **d'enregistreurs automatiques** pour les essais de résistance de matériaux, par M. W. C. Unwin. (Extrait du *Journal of the Society of Arts.*)

Ciment de laitiers. — Les renseignements très intéressants donnés sous ce titre sont extraits d'une note de M. R. Bosse, publiée dans le *Wochenblatt für Baukunde*, et d'une étude du professeur Tetmajer, de Zurich, parue dans le *Schweitzerische Bauzeitung*.

Description de la grande machine dynamo-électrique Brush construite pour la Compagnie électrique Cowles, par le professeur R. H. Thurston. (Extrait du *journal of the Franklin Institute.*)

La **laine de bois**. (Extrait de *la Nature.*)

La laine de bois, qui sert à l'emballage, à la tapisserie, la bourellerie, etc., au nettoyage des machines, se fabrique avec des couteaux rotatifs à mouvement très rapide débitant des blocs de sapin de Riga.

ANNALES DES MINES

4e livraison de 1886.

Rapport sur **le règlement belge du 28 mai 1884, concernant l'emploi et la surveillance des chaudières à vapeur** et sur sa comparaison avec le décret français du 30 avril 1880, par M. Julien, ingénieur en chef des mines.

Le règlement belge de 1884, quoique plus libéral que celui de 1864 qu'il remplace, l'est cependant moins que le règlement français actuel. Il demande plus de renseignements pour l'autorisation, n'établit aucune distinction de catégories entre les chaudières qui sont toutes réputées dangereuses jusqu'à une distance de 50 mètres. Mais la différence essentielle est dans les dispositions par lesquelles le règlement belge, tout en laissant au constructeur sa liberté d'action en ce qui concerne le choix des matériaux et leur épaisseur, exige les épreuves des tôles et l'indication de leurs résultats dans la demande d'autorisation.

Analyse synoptique des rapports officiels sur les **accidents de grisou en France**, de 1817 à 1881, par MM. Petitdidier et Lallemand, ingénieurs des mines.

Éloge de M. Ch. Combes, inspecteur général des Mines, directeur de l'École nationale des Mines, par M. J. Bertrand, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

Cet éloge contient l'énumération des principaux travaux de Combes relativement aux questions mécaniques. Nous y trouvons cette phrase : « Homme de devoir et homme d'action, notre confrère se hâtait vers la pratique. Le progrès conserve sa marque et si, parmi tant de travaux et tant d'occupations différents, il a pu, s'oubliant lui-même, négliger d'y inscrire son nom, nous devons redoubler nos louanges, notre reconnaissance est juste. »

A plus forte raison, ne doit-on pas négliger de rappeler l'honneur qui est dû à Combes d'avoir le premier enseigné les faits sur lesquels est basée la véritable théorie de la machine à vapeur, c'est-à-dire la condensation de la vapeur pendant l'admission et la révaporisation pendant la détente et l'échappement causées par l'action des parois des cylindres.

La note présentée le 3 avril 1843 par Combes à l'Académie des Sciences contient, en effet, toute la théorie actuelle des machines à vapeur.

On peut s'étonner que le secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences ait omis de rappeler dans l'éloge de Combes un titre d'une aussi grande importance.

Résultats de l'enquête faite en Angleterre par une commission spéciale **sur les accidents de mines**, par M. Lorieux, ingénieur en chef des Mines.

Cette enquête a porté sur les questions suivantes : aérage et aménagement des mines, éboulements, inflammations spontanées, grisou, poussières de charbon, agents explosifs, lampes de sûreté, indicateurs de grisou, accidents de puits, etc.

L'auteur, tout en reconnaissant que le travail de la Commission anglaise contient beaucoup d'observations dont les ingénieurs peuvent faire bon profit, considère que ces observations se rapportent à des faits bien connus et qu'il n'y a lieu d'en déduire, au moins pour le moment, aucune nouvelle prescription administrative,

Mémoire sur **l'aérage des mines dans le bassin houiller de de la Ruhr**, par M. Bochet, ingénieur des Mines.

Ce mémoire étudie surtout la ventilation mécanique. Les tableaux qu'il contient établissent la supériorité, au point de vue manométrique, du ventilateur Guibal sur les ventilateurs à petit diamètre et grande vitesse, mais aussi son infériorité au point de vue mécanique, ce qui est, en somme, le principal élément économique du problème. C'est ce qui explique la faveur dont sont actuellement l'objet en Westphalie les ventilateurs à grande vitesse, sans compter la différence considérable de prix d'établissement entre les deux systèmes. Toutefois, cet avantage peut être contre-balancé par la question des plus fréquentes réparations.

Note sur un **accident survenu au puits des Rosiers** (Loire), par suite d'une rupture de câble.

Cet accident qui a couté la vie à deux ouvriers est dû à l'altération profonde du câble par suite d'oxydation. C'était un câble de cabestan, d'un emploi intermittent ; mais l'accident démontre bien la nécessité de soumettre ces câbles, aussi bien que les câbles d'extraction, à des visites périodiques, qui pourraient faire reconnaître leur état réel.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

OCTOBRE 1886

Un précurseur de Richard Lenoir, Lievin Bauwens, le véritable importateur en France de la filature mécanique du coton, par M. A. Boghaert-Vache.

L'introduction du travail mécanique dans la filature du coton, due principalement aux perfectionnements apportés par Arkwright, simple barbier de village, était un fait accompli en Angleterre dès 1797.

Liévin-Jean Bauwens, tanneur à Gand, ayant eu occasion de voir en Angleterre les progrès de la filature du coton, eut l'idée de doter de cette industrie la Belgique alors annexée à la France. Il parvint, en

1797, à acheter secrétement des métiers à Manchester malgré les lois rigoureuses édictées par le gouvernement anglais contre l'exportation des machines de filature et l'embauchage des ouvriers pour l'étranger, et en cacha les pièces dans des caisses de sucre et des balles de café ; il put amener à Gand les précieux colis, accompagnés de quarante ouvriers anglais, malgré des difficultés et des dangers de toute sorte.

On dit que Bauwens fut condamné à mort et pendu en effigie sur une des places de Londres.

La nouvelle industrie se propagea rapidement en Belgique, grâce à la protection du gouvernement français ; et, dès 1803, le prix de 100,000 francs fondé par l'État fut décerné à Liévin Bauwens et à James Farran, mécanicien anglais établi à Mons. Des honneurs de toutes sortes furent décernés à Bauwens qu'on peut considérer comme le promoteur de deux grandes industries qui ont fait la fortune de Gand, la tannerie et la filature de coton.

Bauwens fut d'ailleurs ruiné par la paix de 1814 et mourut à Paris, en 1822, à l'âge de cinquante trois-ans. Il est vrai qu'en 1855, la ville de Gand, qui avait déjà baptisé de ce nom une de ses places publiques, a inauguré par des fêtes splendides la statue de Liévin Bauwens.

Note sur la **culture du coton en Egypte**, par M. DANIEL DOLLFUS.

Étude sur le **frottement dans les transmissions par courroies et par cordes**, par M. R. BOURCART.

Diverses expériences faites par l'auteur avec une courroie en cuir de 13 millimètres de largeur enroulée sur une poulie plate de 100 millimètres de diamètre semblent indiquer que le frottement n'est pas, dans ce cas, un phénomène aussi simple qu'on le croit et qu'il est impossible, dans lemouvement rectiligne aussi bien que dans le mouvement circulaire, d'en exprimer la loi par une fonction d'un seul terme; que forcément un deuxième terme contient la vitesse et un troisième le temps. En effet, d'après les observations de l'auteur, la tension du brin conduit augmente avec le temps, au moins dans certaines limites de vitesses ; observée au départ, après une minute et après deux minutes, elle a donné des valeurs croissantes; on sait d'ailleurs que souvent une courroie, qui commence par glisser, arrive à entraîner au bout d'un moment.

Note sur le **dosage de l'antimoine** dans les oxalates antimonio-alcalins, par M. B. SETLIK.

Note sur le **vert de Schweinfurt**, par M. Camille KŒCHLIN.

Le vert de Schweinfurt s'obtient en traitant le vert de Scheele.

arseniate de cuivre par l'acide acétique, ou l'acétate de cuivre par l'acide arsénieux.

Au sujet de cette préparation, l'auteur fait observer que l'arsenic est, de tous les produits chimiques qu'emploie la fabrication des toiles peintes, celui qui se prête aux applications les plus multiples. Il serait donc à désirer qu'on abolît les entraves que subit son emploi sous l'influence de l'exagération des dangers qu'il présente. On cite des mangeurs d'arsenic qui absorbent jusqu'à un quart de gramme d'arsenic par jour, proportion qui est deux cents fois celle des prescriptions médicales. On sait d'ailleurs que de tous les poisons l'arsenic est le plus facile à découvrir.

Rapport sur la **marche de l'École supérieure de chimie**, par M. Kuhlmann.

L'École supérieure de chimie a compté, pendant l'année 1885-86, 39 élèves, dont 12 Alsaciens seulement ; parmi les autres figurent 9 Français. Sur ces 39 élèves, 20 appartiennent à la division supérieure et 19 à la première. 16 élèves de la division supérieure ont obtenu le diplôme.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 49. — 4 *Décembre* 1886.

Association pour la défense des intérêts des industries chimiques en Allemagne, proposition de création d'une juridiction industrielle technique.

Expériences sur le fonctionnement des clapets automatiques des pompes, par C. Bach *(suite)*.

Nouveaux appareils de dragage et d'excavation, par B. Salomon *(suite)*.

Conduite des chaudières à vapeur.

Métallurgie. — Fabrication des rails d'acier aux États-Unis.

Groupe du Rhin inférieur. — Application nouvelle de l'électricité aux appareils de sûreté.

Groupe de Westphalie. — Méthode pour la représentation graphique de la vitesse des machines d'extraction.

Patentes.

Variétés. — Installation de l'éclairage électrique dans les édifices.

N° 50. — 11 *Décembre* 1886.

Nouveaux appareils de dragage et d'excavation, par B. Salomon *(suite)*.

Construction navale. — Transport maritime du pétrole en vrac.

Groupe de Manheim. — Fabrique de machines de Frankenthal. — Usine à gaz d'huile de la fabrique de machines de Kühnle. — Expériences sur le système de chauffage de Wilmsmann. — Étude historique sur la fabrication du fer. — Expériences sur les freins continus Carpenter et Westinghouse.

Patentes.

Variétés. — Installation de l'éclairage électrique dans les édifices *(fin)*.

N° 51. — 18 *Décembre* 1886.

Nouveaux appareils de dragage et d'excavation, par B. Salomon *(suite)*.

Méthode abrégée de calcul pour les câbles d'extraction et leurs bobines.

Mines. — Travaux techniques de l'association pour la défense des intérêts miniers dans le district de Dortmund.

Métallurgie. — Zinc, plomb, nickel et cobalt.

Groupe de Cologne. — Machines élévatoires de la distribution d'eau de Düren.

Groupe du Rhin inférieur. — Épreuves de la superstructure métallique du pont pour chemin de fer, à Hamm. — Système de construction à l'épreuve du feu de Grinnell.

Patentes.

Variétés. — Lancements et essais de navires. — Bateau électrique. — Production des mines, salines et usines des provinces prussiennes en 1885.

N° 52. — 25 *Décembre* 1886.

Nouveau régulateur pseudo-astatique avec charge par un ressort, par le docteur R. Proell.

Mines. — Travaux techniques de l'association pour la défense des intérêts miniers dans le district de Dortmund *(fin)*.

Résistance des matériaux. — Fils d'acier de résistance extraordinaire. — Résistance des corps élastiques à la déformation. — Résistance des pieux à vis à l'arrachement. — Appareil pour les essais à la flexion.

Métallurgie. — Le cuivre.

Groupe de Cologne. — La législation allemande sur les brevets d'invention dans la pratique.

Variétés. — Explosions de chaudières à vapeur dans l'Empire d'Allemagne en 1885.

Le Rédacteur de la Chronique,

A. Mallet.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LA CHRONIQUE DE 1886.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE 2e SEMESTRE, ANNÉE 1886

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 42-7.

r Français, de

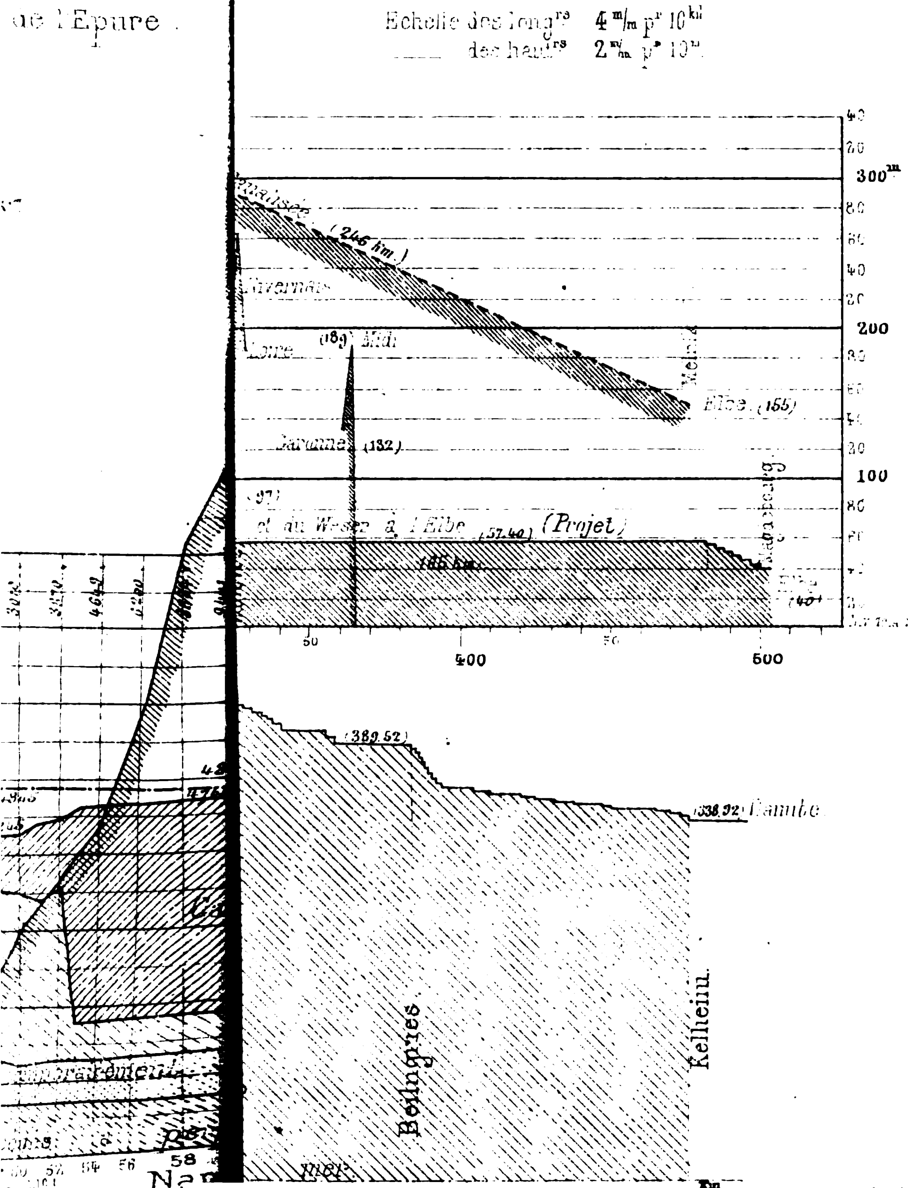
exploitation au 31

Réduction de l'Epure.

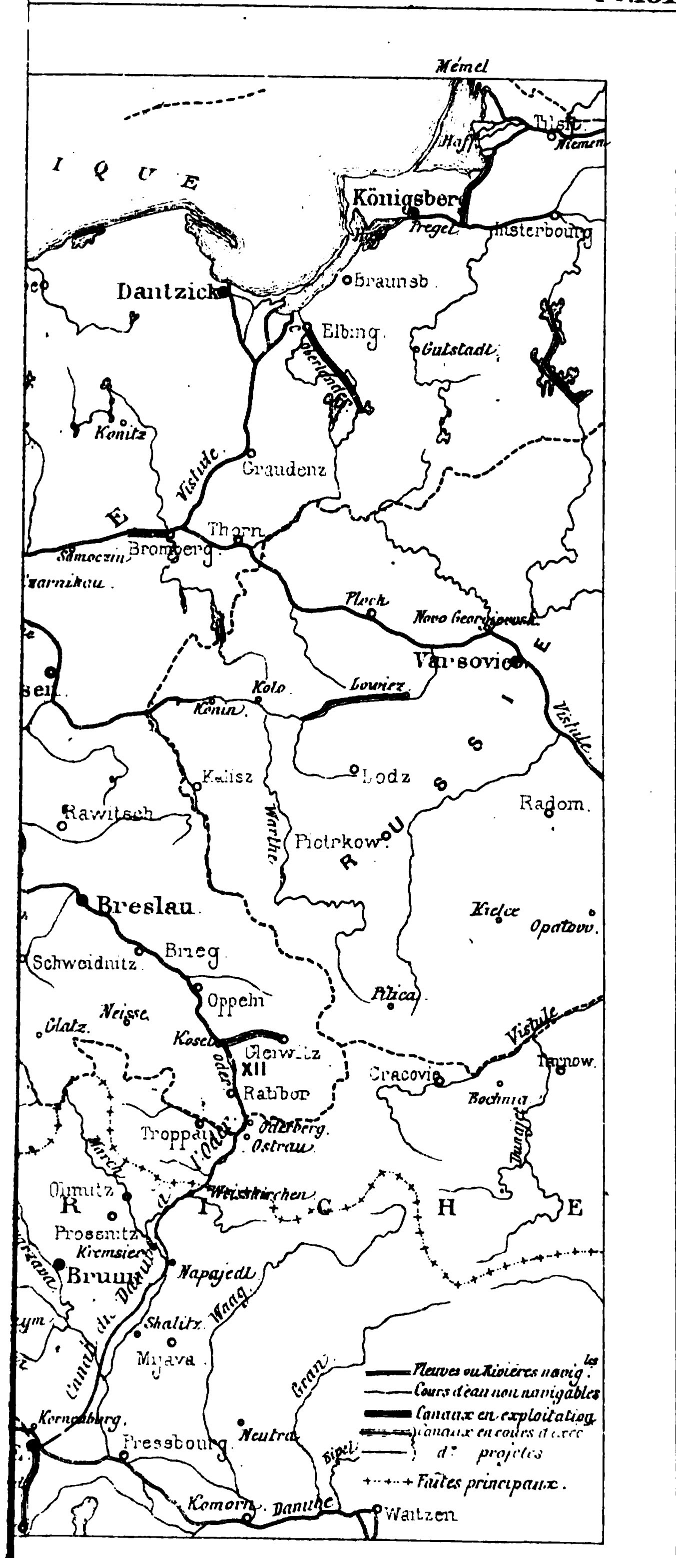
Profils en long de Canaux projetés en Autriche et en Prusse.

en regard avec divers canaux existants (sans échelle de longueur .... (les altitudes en parenthèses)

Echelle des long^rs 4 m/m p^r 10^kil
____ des haut^rs 2 m/m p^r 10^m



Pl.137.



Mémel
Tilsit
Memel
Haff
I Q U E
Königsberg
Pregel
Insterbourg
Dantzick
Braunsb.
Elbing.
Gutstadt
Konitz
Vistule
Graudenz
E
Thorn
Bromberg
Czarnikau
Plock
Novo Georgiewsk
Varsovie
Kolo
Lowicz
Konin
Kalisz
Lodz
Rawitsch
Warthe
Radom.
Pietrkow
R U S S I E
Breslau
Kielce
Opatow
Brieg
Schweidnitz
Oppeln
Pilica
Neisse
Glatz
Kosel
Oder
Gleiwitz
XII
Vistule
Tarnow.
Cracovie
Bochnia
Ratibor
Troppau
Oderberg.
Ostrau
Dunajec
Olmutz
Weisskirchen
R I C H E
Prossnitz
Kremsier
Brunn
Napajedl
Canal du Danube
Shalitz
Waag
Miava
Gran
Fleuves ou Rivières navig.les
Cours d'eau non navigables
Canaux en exploitation
Canaux en cours d'exec.
d.° projetés
Faites principaux.
Korneuburg.
Pressbourg
Neutra
Eipel
Komorn
Danube
Waitzen

